



# UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA

## Facultad de Educación

### CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE RECONTEXTUALIZACIÓN DE SABERES EN FÍSICA

Una propuesta de intervención desde la fuerza, la refracción y las reflexiones metafísicas

**Julio Andrés Bermúdez Ortiz**

**Oscar Robeiro Hernández Panchana**

**Yeferson Alexis Ruiz Marín**

UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA

Licenciatura en Matemáticas y Física

Facultad de Educación

1 8 0 3

Universidad de Antioquia

2018



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Facultad de Educación**

**CARACTERIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE RECONTEXTUALIZACIÓN DE  
SABERES EN FÍSICA**

Una propuesta de intervención desde la fuerza, la refracción y las reflexiones metafísicas

**Julio Andrés Bermúdez Ortiz**

**Oscar Robeiro Hernández Panchana**

**Yeferson Alexis Ruiz Marín**

**Trabajo de Grado**

**Asesora: Erika Tobón Cardona**

**Magister en Educación en Ciencias Naturales**

**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

**Licenciatura en Matemáticas y Física**

**Facultad de Educación**

**Universidad De Antioquia**

**2018**



**Tabla de Contenido**

Resumen.....	5
Consideraciones Iniciales .....	6
1. Problema de investigación .....	7
1.1 Planteamiento del problema.....	7
1.2 Pregunta de Investigación.....	10
2. Objetivos.....	11
2.1. Objetivo General .....	11
2.2 Objetivos Específicos.....	11
3. Marco Conceptual.....	12
3.1 Nuestra construcción del concepto de refracción de la luz desde la perspectiva de Huygens. .....	21
3.2 Acercamiento Metafísico hacia la Energía.....	38
3.2.1 Constructivismo en la enseñanza de las ciencias.....	40
3.2.2 Acerca de la dimensión metafísica en las ideas aristotélicas sobre la energía. ....	43
3.2.3 Las reflexiones metafísicas en la enseñanza.....	51
3.3 Nuestra interpretación del concepto de Fuerza: La presencia de la Fuerza en torno al cambio de movimiento.....	53
4. Marco Metodológico.....	68
4.1 Enfoque y tipo de estudio.....	68
4.2 Contexto .....	69
4.3 Instrumentos de registro e intervención .....	70
4.3.1 Diario de campo.....	71
4.3.2 Propuesta de talleres o de actividades .....	71
4.4 Plan de Análisis.....	76
4.4.1 Análisis de Contenido.....	76
4.4.2 Descripción Densa.....	78
5. Hallazgos .....	80
5.1 Caracterización de los procesos de recontextualización de saberes científicos en física....	80
5.1.1 Aportes de la historia y la epistemología hacia la práctica educativa desde la recontextualización de saberes científicos en física. ....	81



**Facultad de Educación**

5.1.2 La experimentación y lo sensorial en la formación del maestro de ciencias: una vía para fomentar la construcción de hombres y mujeres de ciencia en el aula. .... 86

5.1.3 La construcción de una percepción del mundo. .... 88

5.2 Análisis interpretativo sobre la influencia de los procesos de recontextualización en las propuestas de intervención y sus resultados..... 90

5.2.1 La interacción del experimentador con situaciones donde se imprimen o aplican fuerzas en los cuerpos..... 90

5.2.2 La presencia de la fuerza en torno al cambio de movimiento: levantar y sostener. .... 94

5.2.3 Interacción con el fenómeno de refracción: El comportamiento de la luz en casos de refracción. .... 98

6. Conclusiones ..... 105

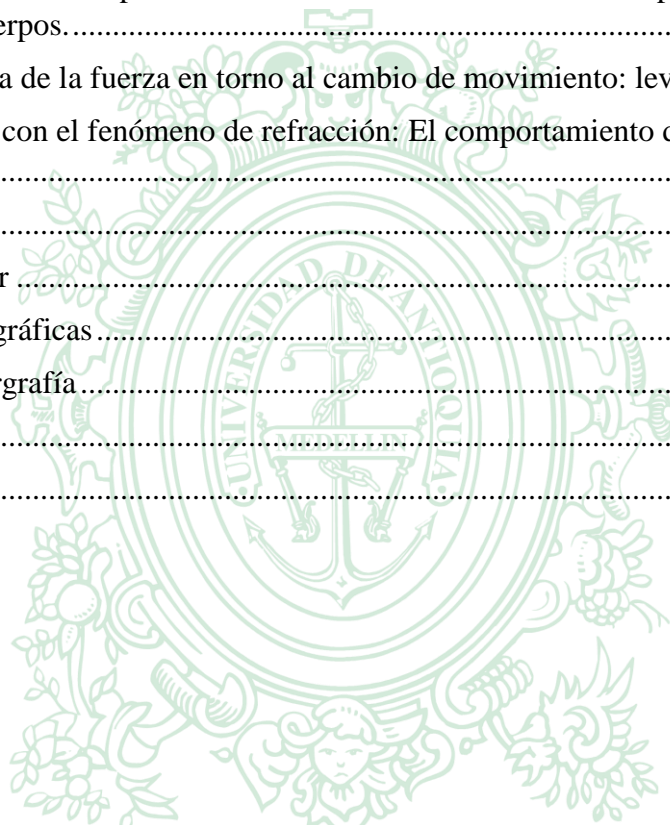
Pregunta para el lector ..... 107

7. Referencias Bibliográficas ..... 108

7.1 Imágenes-Cibergrafía ..... 111

7.2 Tablas ..... 112

8. Anexos ..... 113





## Resumen

Se presenta el trabajo de investigación de la Licenciatura en Matemáticas y Física de la Universidad de Antioquia desarrollado entre 2017 y 2018. Inicialmente se postula el problema presentado por los estudiantes con respecto al desinterés por aprender contenidos guiados para tener un alto desempeño en las pruebas SABER implementadas por el ICFES. Lo que nos lleva a cuestionar el “poco esfuerzo” de los maestros por diseñar espacios que permitan la construcción de saberes en las aulas de manera contextualizada, por lo que se ve la necesidad de un cambio en la enseñanza con el fin de mejorar la práctica educativa. Luego se muestran los análisis de tres procesos de recontextualización de saberes científicos enfocados en el área de física; estos están basados en los elementos de *Refracción* desde Hyugens, *Fuerza* desde Newton y *Energía* desde la mirada aristotélica. Dichos procesos se realizaron a partir de estudios histórico-epistemológicos y se caracterizaron destacando el papel de la experimentación en la enseñanza de las ciencias; así como la manera en que el contexto, la sociedad y la cultura influyen en nuestra configuración como maestros. Continuamos con una breve descripción de las actividades propuestas para el trabajo de investigación basadas en los procesos mencionados e implementados en grado Once en la Institución Educativa Nueva Generación del municipio de Bello. Finalmente presentamos algunas inferencias que destacan una nueva mirada de las ciencias y su enseñanza.

### Palabras claves

Recontextualización, Caracterización, Historia, Epistemología, Energía, Refracción y Fuerza.



### Consideraciones Iniciales

Es importante tener claridad frente a ciertos aspectos del desarrollo de esta investigación, por lo que se enuncian a continuación dichos aspectos o consideraciones.

La elaboración de cada uno de dichos procesos fue arduamente trabajada con el acompañamiento de Olga Luz Dary Rodríguez Rodríguez seis meses en espacios que tomaban como atención las reflexiones históricas y epistemológicas que conlleva el estudio y enseñanza de las ciencias naturales, y por un año más en la elaboración del presente escrito con el acompañamiento de Erika Tobón Cardona. Es por esto, que la aglomeración de estos procesos en este texto constituye un proceso especialmente enriquecedor sobre las diferentes características y perspectivas que puede adoptar un proceso de recontextualización de saberes, pues los hemos pensado, elaborado y estructurado de manera que destaquen las dinámicas que los rigen, es decir, como ya hemos tenido cierto acercamiento a los procesos de recontextualización en los cursos de nuestra licenciatura, consideramos pertinente el uso de estos para el desarrollo de esta investigación.

Por tanto, se decide retomar un enfoque constructivista del conocimiento, donde el maestro sea quien coordine el aprendizaje de los estudiantes, de tal manera que aprovechen significativamente el estímulo que la interacción social y el entorno les proporciona. De esta manera se puede aportar a una posible transformación en la enseñanza de los contenidos científicos para que los estudiantes aprendan ciencias desde su contexto; adquiriendo así la capacidad para promover nuevas estrategias que puedan ser implementadas en su entorno.

## 1. Problema de investigación

### 1.1 Planteamiento del problema

En la práctica diaria de los maestros de ciencia y de sus estudiantes se ve la necesidad de un cambio en la enseñanza con el fin de mejorar la práctica educativa; y a su vez “dirigir” la mediación que hace el docente permitiendo fomentar el desarrollo escolar y la formación íntegra de los estudiantes. Por ejemplo, cuando a los docentes en las instituciones educativas se les solicita demostrar excelentes resultados en las pruebas estandarizadas con el objetivo de velar por los intereses de la institución en la cual se ejecuta su labor; el encasillamiento en un modelo neotradicional es prácticamente inevitable. Este modelo es aquel que busca preparar personas para destacarse en pruebas como las pruebas SABER implementadas por el ICFES.

Ciertamente pudiesen cumplir su objetivo de una manera virtuosa y elegante; aunque si hablásemos de la eficacia del aprendizaje de sus estudiantes resultarían ciertos cuestionamientos. Este docente que vela sólo por los intereses de la institución en tanto entidad medida por indicadores políticos, encuentra como la solución más viable impartir su labor docente desde los libros guías pensados para fines, que solo buscan un buen puntaje en pruebas estandarizadas. Ya sea por memorización o una reproducción inconsciente de contenidos, los estudiantes se adecuarán a las circunstancias para el fin que son pensadas, es decir, los estudiantes se acostumbran a este modelo de enseñanza, así no les guste. Cuando se ejecuta un modelo clásico de enseñanza que solo busca tener buenos resultados en las pruebas estandarizadas, se evidencia un desinterés rotundo por el aprendizaje del contenido por parte de los estudiantes que encuentran poco factible memorizar asuntos que le son ajenos a su vida. Vale mencionar que esto surge a partir de nuestras propias vivencias en la práctica pedagógica.



Sin embargo, la preocupación de esta investigación está dada por el “poco esfuerzo” de los maestros por diseñar espacios que permitan la construcción de saberes en las aulas de manera contextualizada (Visto en nuestra práctica pedagógica). Esta preocupación y los demás argumentos esbozados anteriormente, resultan de conversaciones informales y vivencias de los autores. Por ejemplo, en el aula de clase de matemáticas y física en la Institución Fe y Alegría Nueva Generación hemos observado que reiteradamente los maestros hacen comentarios como: “este tipo de problemas probablemente lo asignen en las pruebas ICFES o exámenes de admisión Universidad de Antioquia y la Universidad Nacional, observen bien su estructura, es un clásico, pues esta institución (Institución Fe y Alegría Nueva Generación) es reconocida por el alto nivel de puntajes en las ICFES y la cantidad de estudiantes que pasan a las diferentes universidades públicas”. Con este tipo de comentarios percibimos que las clases de física y matemáticas se convierten en una especie de entrenamiento o acondicionamiento para obtener buenos resultados. Curiosamente en nuestra práctica educativa hemos presenciado momentos en los que el estudiante objeta algún tema en específico, haciendo comentarios como: “¿Este tipo de temas si caen en las ICFES?” lo que nos muestra una visión cerrada de las ciencias y las clases en particular. Pues en su caso el objetivo es afinarse en una serie de ejercicios, posibles soluciones y variaciones sobre los diferentes temas en específico. Por esta razón concluimos que algunos de los docentes de la Institución en donde se realizó la práctica, se preocupan principalmente por enseñar para obtener buenos resultados en las pruebas de Estado con el fin que en su área los estudiantes obtengan niveles altos en dichas pruebas. Así pues, por consecuencia directa con lo anteriormente dicho, los docentes dejan de lado la enseñanza que permite el interés, la reflexión, los diversos cuestionamientos y la crítica; dando por sentado que lo que dicen los libros de texto sobre los diferentes conceptos y/o teorías físicas son absolutos y válidos para cualquier contexto.





Frecuentemente, en los grupos de conversación que hemos estado presentes, se asume que en este tipo de pruebas la historia es considerada como un listado de fechas y personajes para destacar en una disciplina específica. Esto supone pasar a un primer plano la información cronológica, empírica, puntual y sin contexto para ser enseñada en el aula. El docente no se hace preguntas como ¿Quién es el estudiante? ¿Cómo este se conecta con los contenidos a enseñar? ¿Cuál es el contexto del aula donde están inmersos docentes y estudiantes? ¿Cuáles son las características del entorno en el que se encuentran (fuera del aula)? ¿Cuáles son las inquietudes de los estudiantes? ¿Los estudiantes aprenden a contrastar lo aprendido con su cotidianidad? ¿Dónde surgieron los problemas que se enseñan a través de los libros de texto?

Esto hace referencia a una enseñanza contextualizada, que tenga presente el contexto histórico de producción de saberes científicos y el contexto de estudiantes y docentes; no únicamente la preocupación por los resultados en las pruebas estandarizadas. Es aquí donde el maestro debe actuar sobre sí mismo y sobre lo que enseña de manera que esté dotado de un contexto histórico, haga parte del entorno escolar en el que se encuentra, de su experiencia y de la experiencia de sus estudiantes.

Consideramos que es necesario que se lleven a cabo investigaciones que se preocupen por la “forma en que enseñan (metodología)” y lo que “enseñan” los docentes con el fin de mejorar los procesos educativos; en los cuales sea evidente el compromiso de este por enseñar la ciencia de manera contextualizada. Cuando la enseñanza se realiza sin un contexto específico y solo como algo relevante para obtener buenos resultados en las pruebas estandarizadas, entonces no hay apropiación de los contenidos por parte de los estudiantes. El mencionado problema se hace evidente en todos los contenidos de enseñanza de la física, especialmente los que corresponden a décimo y undécimo; grados donde se concentra la enseñanza de las ciencias naturales en



asignaturas independientes. Por tal motivo cualquier temática elegida para fines investigativos sirve a los propósitos de este trabajo. En esta medida se eligieron temáticas conectadas con los conceptos de fuerza, energía y refracción por la afinidad de los autores con estos conceptos y su desarrollo en otros espacios de la Licenciatura en Matemáticas y Física.

Ahora bien, encasillamos nuestro problema en la siguiente pregunta:

### **1.2 Pregunta de Investigación**

¿En qué formas contribuye la historia y epistemología de las ciencias a la Recontextualización de Saberes científicos para la formación del docente de Física, en interacción con los aportes de los estudiantes de 11° de la Institución Educativa Fe y alegría Nueva Generación del barrio Niquia?



## 2. Objetivos

### 2.1. Objetivo General

- Presentar en categorías las contribuciones de la historia y la epistemología en los procesos de recontextualización de saberes científicos para la formación de docentes en física en interacción con una propuesta de intervención en la Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación del barrio Niquia.

### 2.2 Objetivos Específicos

- Considerar tres procesos de recontextualización de saberes científicos sobre los conceptos de refracción, fuerza y energía que permitan destacar aspectos epistemológicos.
- Caracterizar la recontextualización de saberes científicos en el área de física aplicándola en la construcción de los conceptos de refracción, fuerza y energía analizando sus aportes a la formación de docentes de física.
- Demostrar que los procesos de contextualización fomentan el uso de perspectivas críticas en las dinámicas de enseñanza y aprendizaje en el área de física.

**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

### 3. Marco Conceptual

Primero que todo consideramos que, en el caso del docente de Física y Matemáticas donde una imagen fría y acabada del conocimiento es fácil de impartir mediante la aplicación indiscriminada de fórmulas y ejercicios; el problema anteriormente esbozado trasciende a flor de piel en una problemática agobiante para la divulgación del saber científico. Esta imagen está en estrecha relación con la *imagen de ciencia del maestro*. De acuerdo con Pujalte, Bonan, Porro, & Adúriz-Bravo (2014) [...] “dicha imagen surge de una visión marcadamente empiro-inductivista, que considera a la ciencia como construcción ahistórica, marcadamente individualista, independiente de valores, ideologías, intereses y contextos, por tanto, neutral, objetiva y sin dudas infalible y dueña de la verdad.” (p. 543). Por lo que un profesor no puede dar aquella concepción de la ciencia que no posee; y en caso de pretender hacerlo, solo lo haría de manera superficial y no presentaría un enriquecimiento mutuo de la práctica educativa, es decir, no aporta a la formación del maestro ni del alumno. Un docente con una imagen de la ciencia acabada, absoluta y única decaerá frente a sus estudiantes en omitir los estragos del tiempo y los diversos contextos en los cuales está inmersa la actividad científica.

El docente que busca no caer en este encasillamiento y se interesa por preservar la relación entre el estudiante y el conocimiento, muchas veces se ve limitado por los intereses de su institución y rápidamente opta por una adecuación de los libros de texto buscando captar la atención del estudiante y esperando que esto se traduzca en el deseo de aprender. Sin embargo, esto representa una solución parcial sobre una de las consecuencias (desinterés) que conlleva esta percepción de la ciencia como absoluta, y resulta en un aprendizaje poco menos vacío que el inicial si no es complementado de manera adecuada; pues capta la atención del estudiante, pero presenta un trasfondo vago más allá de una situación llamativa.



¿Qué vía de solución resulta más completa entonces en términos del aprendizaje para los sujetos en el acto educativo? Partamos por aceptar que esta visión de ciencia ha resultado insuficiente para los docentes de Física y Matemáticas hasta lo que aquí hemos planteado. También resulta insuficiente para mejorar la práctica pedagógica, pues sería así una mera transmisión de conocimiento.

En línea con lo anterior, el carácter ahistórico de la ciencia que se ha observado en la práctica pedagógica, conlleva necesariamente la consideración de la generación espontánea del conocimiento, desconectando el saber y el conocimiento de cualquier variable social. Sin embargo, la contra parte es presentada por distintos miembros de la comunidad científica dando razón de ser a este trabajo; pasando por Duhem en su texto *la ciencia, su objeto y estructura* cuando hace referencia a que “la historia nos demuestra que nunca se ha creado una teoría física enteramente nueva, la formación de cualquier teoría física siempre ha ido precedida de una serie de retoques” (Kunetzov. I.v. 1967; p. 292); siguiendo con Heisenberg (1956) en su primer capítulo “la imagen de la naturaleza en la física actual. En el planteamiento de la transformación del concepto de naturaleza en la edad media, de lo creado por Dios a su alteración a lo largo de los decenios” (p. 4). Y finalmente con Mach, mencionando que es necesario pensar en la forma en que los conceptos se han construido, decirse que años y siglos han trabajado en su formación y ya no se admirara que su contenido no puede tenerse con una representación individual en un instante:

La naturaleza del concepto se muestra con mayor nitidez solamente a quien comienza a dominar una ciencia. Este no ha asimilado en forma instintiva el conocimiento de los hechos fundamentales, sino que los ha observado atentamente, cuidadosamente y con intención. (Mach, 1948 p.2)





Se puede comprender entonces, que un modelo de construcción del saber científico donde la abstracción y refinamiento de nuevos conceptos, ideologías y teorías deben darse de manera lenta y progresiva bajo el telar del razonamiento; deviene en un significado de “ciencia” acorde, eficaz y prudente respecto a la evolución histórica de la ciencia. La imagen de ciencia tradicionalmente aceptada no ha resultado efectiva en la práctica pedagógica de física y matemáticas y puesto que esta lleva consigo el desprecio por el carácter evolutivo de la ciencia, tal como se ha mencionado anteriormente, en donde la ciencia es vista como algo ajeno a los estudiantes. Es necesario deconstruir esta idea y buscar asumirla de otra manera. Teniendo claro que buscamos un caso contrario a una noción acabada y puntual que poco aporta al pensamiento, nos encaminamos a pensar como lo afirma Elkana (1983) que “la ciencia no se fundamenta sobre ninguna fuente única de conocimiento; la experiencia y los datos experimentales, las ideas claras y distintas, las consideraciones estéticas, las analogías, son, todas ellas, fuentes legítimas de conocimiento” (p.12).

Cuando la base del problema es la ciencia como una verdad absoluta, dispuesta a ser memorizada por los sujetos del acto educativo, la transformación de esta se convierte en un factor esencial para proceder de una manera distinta. Aquí Ayala (2006) apunta que:

En el ámbito de la formación de maestros de ciencias, se ha visto la historia y filosofía de las ciencias como una forma de incidir sobre la imagen que de la ciencia tienen los maestros, dado el importante papel que ésta juega en la orientación de su labor pedagógica. (p. 20)

Por lo que el llamado a abordar así estos conceptos se encuentra bajo el presupuesto de que alguien no puede brindar aquello que no tiene, en este caso, una imagen diferente de la ciencia.



La nueva concepción de ciencia que Ayala (2006) propone y que aquí retomamos, es una ciencia de enfoque constructivista y ligada al contexto de aquel que la estudia; después de todo, un carácter sociocultural de la ciencia resulta mucho más enriquecedor y coherente con el comportamiento que adopta la ciencia a lo largo de la historia. Por lo que:

Se trata pues de generar condiciones que favorezcan una nueva relación frente al conocimiento, en la que resulte posible al estudiante organizar y ampliar su experiencia, estableciendo un diálogo con los aportes de otros pensadores y, en general, con la información que circula en su medio cultural. (Ayala, 2006, p.28)

Es en esta medida, en la epistemología de la ciencia y su propuesta de creación de procesos de Recontextualización de Saberes encontramos una alternativa de solución al problema en cuestión. Esto permite que el maestro se cuestione por la física que enseña y cómo al planearla solo en función de las pruebas de Estado lo único que hace es reproducir una imagen de ciencia absoluta y descontextualizada. Adicionalmente, los procesos de Recontextualización de Saberes ofrecen un nuevo contexto a la enseñanza de temáticas específicas, en tanto permite cuestionar paradigmas establecidos sobre cómo debe de ser el acercamiento a producciones de la comunidad científica y ayuda a construir y expresar nuevas interpretaciones por parte de un colectivo de pensamiento formado a partir de estudiantes, profesores y demás miembros del acto educativo.

Hablemos un poco más sobre este instrumento (tomado como instrumento ya que nos permitirá darle desarrollo a nuestra investigación) llamado Recontextualización de Saberes que es la materia prima de esta propuesta. Empecemos por aclarar que si bien estos procesos de Recontextualización de Saberes no conllevan consigo una serie de pasos rígidos a modo receta que deben seguirse por parte de quien lo efectúa, si existen algunos criterios o categorías que se



deben seguir, en especial se debe realizar un diálogo entre el pasado y el presente de manera que se complementen uno a otro, con la finalidad de construir el conocimiento socialmente. En tanto dichos procesos se encuentran adscritos en la línea de los estudios *histórico-críticos* de Ayala (2006) y se sustentan precisamente en la construcción de una interacción propia de la ciencia y la imagen que nos hacemos de ella, al contrario de métodos estrictamente metódicos o magistrales. A propósito de estos procesos de Recontextualización de Saberes, los destacamos por reflexionar sobre la forma en que un maestro se acerca y conoce la física. Según Ayala (1992) existen rasgos presentes en las capacidades de un profesor que se interesa por rendir un valor histórico en el estudio de la Física (o saber la Física) y lo diferencian de otros campos profesionales:

- Si notamos que la formación de un profesor de física debe ser sólida, debe aclararse que es una formación diferente a la que se le da a un físico; y no porque sea de menor calidad sino porque su objetivo es formarse para desarrollar un trabajo de intervención cultural en los espacios escolarizados. Porque para un profesor de física es prioridad conocer los problemas que han posibilitado la construcción de fenómenos, la formación y desarrollo de los conceptos y su sistematización en teorías; así mismo, las condiciones en que tales problemas fueron planteados, en especial, su pertinencia en el momento histórico en que fueron formulados.
- Debe tenerse por objetivo caracterizar los procesos de diferenciación de conceptos en la construcción de nuevos fenómenos de interés para su contexto, todo esto mediante la redefinición y reinterpretación de una problemática. Esto en fines de enseñanza permite la constitución de nuevos objetos de la temática, métodos y técnicas para abordarlos con los estudiantes. En resumen, es estar en capacidad de caracterizar las diversas explicaciones involucradas en los procesos de explicación de fenómenos.

- Vivenciar y reflexionar sobre los procesos de construcción de fenómenos, de conceptos y de elaboración de explicaciones. Tal experiencia de conocimiento resulta vital, porque es condición necesaria para poder encaminar los procesos que lleven al estudiante a darse explicaciones acordes con los desarrollos científicos.
- Profundizar en los procesos a través de los cuales se difunden y legitiman las ideas y acciones de la comunidad física en sus contextos históricos particulares, que es necesario para que la sociedad de interés aporte los recursos necesarios para el desarrollo de la disciplina.

Por lo tanto, aunque no nos permitamos hablar en términos de una definición concisa sobre lo qué es y cómo de ser un proceso de recontextualización podemos referirnos y cuestionarnos sobre la serie de capacidades, ideologías, reflexiones y estructuras mentales en los métodos de aproximación a la física que quieren defender y motivar estos tipos de procesos.

Entrando en materia sobre las particularidades y oportunidades de este instrumento para el docente de Física o ciencias naturales en general, nos permitimos resaltar que a grandes rasgos el desarrollo de estos procesos de recontextualización permite que un maestro elabore un diálogo con aquellos científicos que plasmaron su pensar en textos o evidencias fundamentales de la cultura científica. Se reconoce que dicho proceso de diálogo no es un acto espontáneo, ni poco elaborado estructuralmente; pues acorde con el desarrollo de la ciencia, debe ser progresivo y enriquecido por la intervención de diversas fuentes. En esta línea de ideas, es necesario entonces desarrollar algún proceso de recontextualización de saberes que permita entre otras cosas rediseñar los procesos de enseñanza en torno a un objeto de conocimiento en particular; todo esto como consecuencia de un cambio en la percepción, acercamiento y conocimiento de las ciencias.





La implementación y desarrollo de esta perspectiva está íntimamente ligada con posturas científicas que sostienen, por ejemplo, como Schrödinger (1956) que “todo nuestro conocimiento sobre el mundo que nos rodea (el conseguido en la vida cotidiana y el revelado por cuidadosas experiencias de laboratorio) descansa enteramente en las percepciones sensoriales inmediatas.” (p.1). Por lo que el rol de la experimentación espera ser un rasgo fuerte en la elaboración de una propuesta de intervención, así como también las reflexiones que se hacen sobre el rol que esta práctica asume en el desarrollo de las ciencias. Posteriormente estas cuestiones conllevan a reflexionar igualmente en los procesos de matematización de fenómenos de las ciencias naturales que predominan en los grados décimo y undécimo del contexto colombiano. Al respecto se ha mencionado que:

Las matemáticas no eran ya el mero ideal de ciencia de la escuela platónica, sino que habían empezado su Carrera de conquista de todo el mundo de los fenómenos. La guía; ya que el fin de cada estudio científico de toda materia era dar a su conocimiento de esa materia una forma perfecta como la que había alcanzado la geometría. (Clifford, 1873, p.144)

A lo largo de todas estas consideraciones es necesario que aclaremos una peculiaridad de la Recontextualización de Saberes; la necesidad y deber de aterrizar por mano del recontextualizador(es) esta serie de reflexiones en lo fáctico de su contexto, en situaciones de su predilección o los ideales de otros científicos. La reflexión aquí está centrada también sobre la ejecución que hace el recontextualizador(es) para plantearse un objetivo, a sabiendas que desarrolla y argumenta en base a esto cuál es la percepción de ciencia que pretende adoptar, de suerte que esto trascienda la memorización de los ideales de una obra de divulgación científica.





Atendiendo a la dinámica que sigue este trabajo, y que pueda comprenderse el punto fuerte de la Recontextualización de Saberes; primero pretendemos construir e ilustrar ante el lector nuestras reflexiones en lo que dictan estos Procesos de Recontextualización de Saberes en Física como cambio de la percepción de ciencia. Para posteriormente mostrar cómo esta serie de reflexiones motivaron nuestra propuesta de intervención en la Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación, junto con el impacto que creó en el aprendizaje y noción de ciencia de los estudiantes de undécimo grado. Es una de las razones por las cuales este constituye un escrito particularmente enriquecedor, en tanto ejemplifica la transformación del concepto de ciencia en un maestro y pone en contraste como cambian las dinámicas en el aula.

En nuestro caso los conceptos físicos específicos (energía, refracción y fuerza) han sido seleccionados por nuestros gustos personales y por el anhelo de manejarlos bajo un eje transversalizador a nivel metodológico. Además de un proceso personal para un nuevo aprendizaje, sobre el concepto de la energía, la refracción y la fuerza, en el orden fenomenológico de nuestro mundo, buscamos fundamentar el crecimiento y transformación de nuestra práctica docente, bajo interrogantes como: ¿Qué caracterizó y seguirá caracterizando esta transformación? ¿Qué sustenta este proceso, si no es el de llegar a una noción acabada? teniendo en cuenta que somos docentes en formación y lo tradicional es aspirar a un saber completo, qué impartir a nuestros estudiantes, para que se apropien de él.

En el primero se muestra el proceso que se llevó a cabo para la comprensión del fenómeno que presenta la luz, conocido como refracción; teniendo en cuenta los estudios de Huygens como autor de primera fuente desde una perspectiva corpuscular y reflexionando sobre la historia y epistemología de dicho concepto.



En el segundo Proceso de Recontextualización se expone una reflexión sobre el concepto de energía apoyado en la *Física* de Aristóteles como autor de primera fuente, esta serie de reflexiones se diferencia de las otras por el carácter metafísico explícito que adopta.

Finalmente, en el tercer proceso de recontextualización se muestra cómo se llevaron a cabo una serie de reflexiones sobre el concepto de fuerza, partiendo de la dificultad al intentar definirlo solo con las concepciones previas e interacciones en la vida cotidiana. En un diálogo y reflexión basado en Isaac Newton en su obra *Principios matemáticos de la filosofía natural* (*Philosophiæ naturalis principia mathematica*) exponemos nuestro enriquecimiento y pensamientos de lo que entendemos por Fuerza en compañía del ya mencionado autor y la relevancia que ha adoptado este tipo de teorías en la enseñanza de la Física en la educación colombiana.

Sin embargo, más allá de esto y previo a la presentación de nuestros Procesos de Recontextualización, es prudente recordar que a pesar de lo productivo que nos ha parecido ilustrar, presentar y hacer uso de estos procesos. Pretendemos denominar los conceptos trabajados aquí como categorías secundarias, ya que resaltar en nuestro análisis las características que orientan nuestros Procesos de Recontextualización - como instrumentos- y su relación con la metodología seguida en el aula, es nuestro centro atención. Por lo mismo, en estos procesos se incluyen reflexiones y opiniones sobre nuestra imagen de ciencia, en diálogo con la de otros autores y sobre la misma implementación de un proceso de Recontextualización de Saberes científicos en la formación del docente de Física que se está realizando.

A continuación, se describen los 3 procesos de recontextualización mencionados anteriormente, sin embargo, como cada proceso fue realizado en otro espacio y adaptado a esta investigación, existe procesos en los que se muestra un problema y se intenta desarrollar. Es

decir, el desarrollo de cada proceso parte de un problema que no tiene la finalidad de reiterar en el problema, sino más bien de justificar el motivo de por qué se realizó dicho proceso:

### **3.1 Nuestra construcción del concepto de refracción de la luz desde la perspectiva de Huygens.**

En este primer apartado se muestra el proceso que se llevó a cabo para la construcción sobre el fenómeno de la refracción, teniendo en cuenta los estudios de Huygens como autor de primera fuente desde una perspectiva corpuscular, y reflexionando sobre la historia y epistemología de dicho concepto.

Inicialmente cuando se pensaba en los aportes históricos y epistemológicos para la enseñanza de la óptica desde la perspectiva de Huygens, la problemática en cuestión era centrada, en qué entendemos e interpretamos frente a la pregunta ¿Qué es óptica? Posteriormente reflexionamos sobre las circunstancias y experiencias que dieron paso a este concepto, pasamos a justificar nuestros esfuerzos, dejando de lado preguntas deterministas de carácter científico, algo que no es propio de una forma constructivista de la ciencia. Así pues, desplazamos nuestros intereses a contemplar los aportes históricos y epistemológicos para la enseñanza de la óptica, buscando una retribución de nuestras reflexiones en la práctica pedagógica y partiendo de los problemas que se crean al momento de enseñar, generando preguntas sobre el surgimiento de esta teoría, tales como: ¿Quién? ¿Por qué? ¿Para quién? Son estas solo algunas de las preguntas que deberíamos pensarnos antes de enseñar las ciencias fuera de los cánones tradicionales. Todo esto bajo la pretensión de hacer uso de los aportes históricos con mira a generar otro tipo de aprendizaje, que no solo sea enseñar ejercicios ni mucho menos dar por sentado que lo que enseñamos o aprendemos es así porque un libro de óptica lo dice.



Cuando enseñamos, generalmente dejamos de lado la historia en la que se comprende el estudio de un fenómeno y nos enfocamos en enseñar lo que los libros actuales nos plantean, sabiendo, que estos libros siempre son producto de una serie de interpretaciones e intenciones que generan “modificaciones”. Que a su vez son producto de otros contextos científicos con necesidades diferentes a las actuales, dando paso a la reproducción inconsciente de discursos que poco aportan al pensamiento.

Hemos decidido basarnos en el texto de Huygens, “El tratado de la luz”, ya que éste nos permite ver de una manera más clara cómo fue la construcción de la refracción y qué consideraciones sociales, filosóficas o ideales tuvo en cuenta al momento de redactar y publicar su obra, en este texto Huygens (1690/1944) nos indica:

[...] He querido relatar estas particularidades para hacer conocer desde cuando he meditado sobre las cosas que ahora publico y no para disminuir el mérito de aquellos que sin haber visto lo que había escrito pudieron haber tratado materias semejantes, como efectivamente ha sucedido con dos excelentes geómetras, los señores Newton y Leibniz, con respecto al problema de las figuras de las lentes para reunir los rayos, cuando es dada en una de las superficies (p. 34).

De lo anterior, tenemos que resaltar que la construcción que se hizo sobre la refracción no solamente recae en un autor, por el contrario, recae en múltiples autores que conjuntamente o individualmente (contemporáneos o no) estudiaron el fenómeno y construyeron el concepto de “Refracción”.

Éste a su vez, también fue revisado y “reafirmado” por otros autores los cuales, además, han realizado aportes para lo que se conoce hoy en día como refracción. Esto nos da paso a decir que



Huygens en su tratado de la luz, se apoyó en revisar los trabajos ya existentes acerca de este fenómeno para dar a conocer o divulgar la percepción de la luz y de los fenómenos ondulatorios que en ese entonces caracterizaba en mayor o menor grado a determinados sectores de la población científica.

Es preciso que construyamos la parte histórica y epistemológica en la enseñanza de las ciencias y la importancia que tienen los conceptos físicos en ésta, puesto que, como afirma Mach (1948) “el concepto no es una formación instantánea, como una representación sensible, simple y concreta”, (p.110). Es decir, que la enseñanza no debería pensarse como un camino unidireccional y determinista que no da cabida a confusiones o distorsión de un determinado discurso. En nuestra experiencia pensamos que cuando los docentes se ciñen a un libro no realizan una intervención en lo que se pretende enseñar, afectando la formación o construcción de los conceptos, cuando el centro de atención debería ser explotar la capacidad crítica y la voz de los estudiantes que tradicionalmente ha sido sentenciada al olvido.

Ahora bien, no contamos con otra manera de evidenciar dichos argumentos que con nuestras experiencias en las aulas como estudiantes. Cuando nos enseñaron el concepto de refracción de la luz, el punto central fue la ley de Snell (entendiendo como ley algo absoluto), sin embargo, las reflexiones sobre las cualidades que presenta un cuerpo para refractar de manera más notoria una onda de luz, fueron escasos. Punto crítico e insatisfactorio de nuestro aprendizaje cuando pensamos (y lo hacemos) que la construcción del concepto de refracción que conocemos parte de los experimentos que hemos realizado. 1 8 0 3

Ya que la experiencia de aprendizaje que tuvimos de este concepto, nos ha dejado como definición de refracción, no más que una situación donde un rayo de luz incide de un medio a otro con un ángulo de incidencia  $\theta_i$ , para ser desviado por el otro medio con un ángulo  $\theta_r$ , (el



índice absoluto de refracción de un medio se define como  $n=c/v$  donde  $c$  es la velocidad de la luz en el vacío y  $v$  la velocidad en el medio, así éste índice es relativo de un medio A al medio B, ésta relación al final solo nos deja la siguiente ecuación  $n_1 \sin \theta_i = n_2 \sin \theta_r$ ). Encontramos diferentes implicaciones, una de ellas es un vacío conceptual proveniente de las ecuaciones y constantes que se deben memorizar, sin que representen ningún papel relevante en nuestro mundo inmediatamente cercano o experiencias orientadas a que pensáramos la relación que guardan las variables presentes en esas situaciones. En resumen, un vínculo muy pobre entre los procesos de modelación y matematización, las prácticas experimentales y el cuerpo teórico de la teoría de refracción y reflexión.

En complemento y coherencia con lo anterior, destacamos que cuando hablamos de nuestro futuro papel como docentes debemos tener en cuenta cómo aprendimos el concepto de refracción; que fue de un libro directamente y dando por ciertas sus palabras. Es decir, tomamos por sentado lo que nos presentaron y sin cuestionarlo, ahora bien, sí así fue nuestro aprendizaje, pensamos que es pertinente dar un giro a la manera en que nos enseñaron y llegar a lo que consideramos una enseñanza crítica, utilizando la historia y la epistemología. O sea, la raíz de todo conocimiento como herramienta de interés para nuestros estudiantes y para el profesor mismo.

Es preciso que comencemos con la búsqueda de lo que para nosotros sería la construcción del concepto de refracción partiendo de los vacíos teóricos que ya tenemos. Para ello buscamos los aportes que Huygens realizó al concepto de refracción, no vamos a contar cómo este lo define, más bien trataremos de complementar lo que ya conocemos bajo la premisa que nos da Fleck (1986) de que,

[...] no podemos librarnos de un pasado que –con todos sus errores- sigue vivo en conceptos heredados, en las formas de concebir los problemas, en los programas de la enseñanza formal, en la vida diaria, en el lenguaje y en las instituciones (p.67).

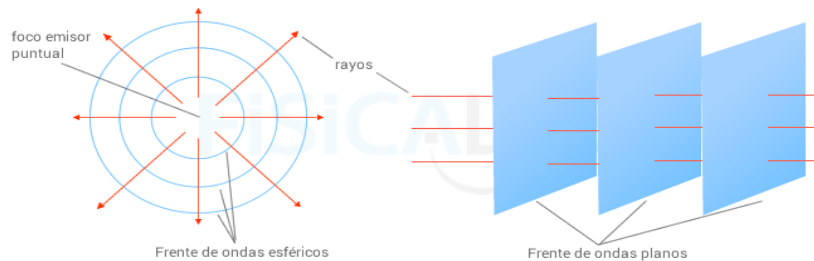
Se trata entonces de visualizar los vacíos no como una dificultad sino como una oportunidad de crecimiento, puesto que como lo mencionamos anteriormente, no tenemos ninguna noción de lo que pasa con los cuerpos o con las cualidades que deben tener para que pueda ocurrir la refracción de una onda de luz. Siendo este término de onda de luz, lo que relacionamos de nuestro conocimiento cotidiano como el rayo de luz, ya que es el concepto que se nos ha enseñado durante la indagación del texto *Física para la ciencia e ingeniería con física moderna. Séptima edición, vol.2*, de Serway, R.A. & Jewett, J.W. Consideramos que el problema de los vacíos conceptuales es el uso inadecuado que los docentes le dan a este, puesto que en este exponen que un rayo de luz es una “Onda plana que se propaga a la derecha. Observe que los rayos, que siempre apuntan en la dirección de propagación de la onda, son rectas perpendiculares a los frentes de onda.” (Serway & Jewett, 2009, p.981) como lo muestra la (Figura 1). Por otra parte, hay que ver las fórmulas que se emplean y cuál es su significado en la construcción o formación de fenómeno, como lo plantea Thom (1988):

[...] la introducción de la técnica matemática en una ciencia se había considerado como un progreso importante, puesto que significaba la aparición del rigor y la exactitud, conceptual o numéricas y, en consecuencia, una considerable extensión de las posibilidades de acción (p.139).

Por esto cabe resaltar que el modelo con el cual aprendimos como en cualquier otro está sujeto a ser mejorado, lo bueno de esto, es que nos da una idea de las oportunidades que

podemos aprovechar para el mejoramiento de las debilidades y dar un paso hacia la enseñanza crítica que aquí ha sido motor de acción.

Figura 1. frente de onda



De lo anterior nos preguntamos entonces ¿Cómo deben ser los cuerpos para que percibamos la refracción de una onda de luz? Lo que conocemos de estos cuerpos es que hay algunos que tienen un índice de refracción mayor que otros, y por ello cuando los rayos de luz pasan de un medio a otro, estos se refractan, estos pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos, a lo que Huygens (1690/1944) menciona que aun cuando la materia etérea no penetrase absolutamente los cuerpos transparentes o cuerpos diáfanos, sus partículas mismas podrían comunicar sucesivamente el movimiento de las ondas, es decir, que los cuerpos tienen como característica sus partículas separadas permitiendo el paso de la onda de luz. Pero si pensamos en un sólido tendríamos que buscar cuáles son las características de las partículas del sólido para que el rayo se refracte, ya que se debe buscar un entendimiento en cuanto a materiales y propiedades que permitan un mejor conocimiento. En nuestro caso, el fin es conocer por qué algunos cuerpos tienen la capacidad de refractar la luz, ya que cuando se habla de transparencia tenemos una idea y suponemos que son el aire, el vidrio y el agua o cualquier otro material con características parecidas. Por lo que al leer a Huygens tenemos que es algo bastante complejo, ya que encontramos que la transparencia, y por ende los materiales transparentes se definen de varias

maneras. Sin embargo, no profundizará en esas maneras ni en los materiales, ya que el eje central es conocer cómo fue dicho desarrollo.

Ahora bien, es necesario que aclaremos, que cuando analizamos los términos que menciona Huygens como lo son diáfanos, etéreos y partículas; es claro para nosotros que en su forma de dar respuesta al por qué un cuerpo puede refractar una onda de luz, estos términos eran pertinentes puesto que ayudaban a fortalecer su teoría y pensamos que es en ese proceso que debemos hacer un énfasis como docentes, tomando como referencia la historia, con el fin de generar un dialogo constante ya que “[...] la historia es un proceso continuo de interacción entre el historiador y sus hechos, un diálogo sin fin entre el presente y el pasado.” (Carr, 1983, p.40), es decir, pararnos en ese pasado y reflexionar con el fin de especificar tan minuciosamente por qué se da la refracción de la luz y el motivo por el cual utilizaban esas palabras y contextualizarlas en el presente. Intentado por nuestra parte, revivir el contexto en que se enmarcaron las teorías y comprender por qué se pensó de esa manera y no de otra para satisfacer las necesidades de su época.

Un componente que resalta en Huygens es la experimentación, de cómo esta fortalece la formalización de su teoría, y pone el alto contraste que el cuerpo teórico, físico y matemático de una teoría, es aquí donde encontramos que la experimentación es esencial en la construcción del conocimiento. Es decir, es un proceso de ilustración sobre aquello que percibimos por nuestros sentidos básicos y experiencia cotidiana. En lo propio de la refracción como práctica experimental Huygens (1690/1944) plantea en uno de sus experimentos que:

[...]se puede concebir la transparencia sin que sea necesario que pase la materia etérea que sirve a la luz, ni que encuentre poros para insinuarse. [...] por esto es que el





abandonar el mercurio y el agua, la parte alta del vidrio, parece que se llena de materia etérea puesto que la luz pasa (p.64).

Es decir, para Huygens identificar los cuerpos que presentan transparencia o en otras palabras que eran transparentes, su único método era ver cuáles podían hacer que un rayo de luz se refracte, es por eso que, podemos considerar procesos experimentales donde se piense más allá de lo fáctico e inmediato de la refracción sobre cuerpos con transparencia.

Es aquí, donde pensamos que no solo debe tener un fin único al momento del proceso enseñanza-aprendizaje tal como dice Fleck (1986) “no comparto la opinión de que el objetivo único o principal de la teoría del conocimiento consista en la comprobación de la consistencia de los conceptos y sus conexiones.” (p.69), sino más bien que nosotros los docentes ayudemos en el aprendizaje de tal forma que acompañemos a los estudiantes a ir más allá del ejemplo. En el experimento, con el uso de un vaso con agua y un lápiz, fundamentado como instrumento didáctico tenemos una posibilidad para discutir y reflexionar sobre el concepto de refracción. Esta una de las experiencias de las que disponemos para visualizar y reflexionar sobre el concepto de refracción. Nos explicamos:

Figura 2: Vista lateral de lápiz en vaso de agua.





Al introducir el lápiz en el vaso con agua y observar que parece como si estuviese partido (como lo muestra la figura 2), visualizamos la refracción de la luz (como imagen), ¿Y si el medio no fuera el agua? ¿Qué pasaría? ¿Cómo podemos hablar de cuerpos con índice de refracción? Es prudente pensar en este tipo de cuestionamientos en el aula, mediante situaciones palpables y que tengan impacto en la sensibilidad del estudiante. Es aquí en donde concordamos con Mach (1948) el cual menciona que:

[...] el concepto es el conocimiento de las reacciones que se debe aguardar de la clase designada de objetos (hechos), conocimiento asociado a la palabra o al término. Pero estas reacciones no pueden entrar en juego como representaciones intuitivas, sino después de otra y poco a poco, así como las formas físicas y psíquicas frecuentemente complicadas (p.116).

Es decir, que debemos empezar por comprender lo más sencillo, lo visual, lo directamente relacionado con las experiencias sensoriales para luego avanzar en la construcción del concepto, para luego pensarnos en aquellos lugares que solo se dan en nuestra mente, o que podemos observar en una pantalla y que probablemente solo están allá, en un mundo fuera de nuestras experiencias tangibles, pero no mentales.

Encontramos en Huygens que mediante los experimentos que él realizó sobre los cuerpos y la capacidad de éstos para refractar ondas de luz, pretendió formalizar mediante el uso de la geometría euclidiana el rigor y exactitud de su teoría. La razón de esto apunta Clifford (1873/1985) se debió a que:

Las matemáticas no eran ya el mero ideal de ciencia de la escuela platónica, sino que habían empezado su Carrera de conquista de todo el mundo de los fenómenos. La guía;



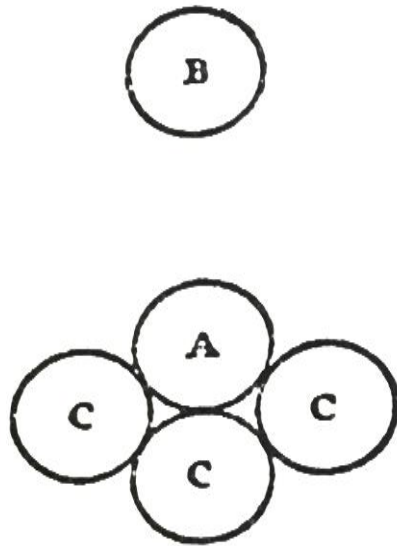
ya que el fin de cada estudio científico de toda materia era dar a su conocimiento de esa materia una forma perfecta como la que había alcanzado la geometría (p.144).

Es decir, la geometría la cual consideramos esencial en la formalización de este fenómeno físico y que ayuda a analizar de diversas maneras esas ecuaciones, que inicialmente hablamos como la definición conocida de la refracción. Podemos decir que en este punto comprendemos que no es que estén mal las fórmulas, sino que en realidad no hay una interiorización del fenómeno.

En la lectura de “El tratado de la luz” de Huygens, se discute el movimiento del cual la luz goza como consecuencia de quemar al igual que el fuego cuando se concentra en un punto. El movimiento es atribuido a partículas portadoras de luz que viajan a una velocidad tan grande que son capaces de cortar o quemar cuando se reúnen por efecto de la fricción o impacto. Es coherente esta interpretación desde Huygens cuando se piensa la incidencia de la luz sobre una lupa, por ejemplo, estos pueden ser capaces de incluso prender fuego en una hoja (piénsese en una partícula B de luz que colisiona elásticamente con A y transmite esa luz como perturbación, ver figura 3)

Figura 3. Representación de una unidad portadora de luz próxima a colisionar.





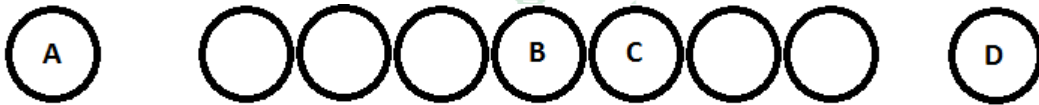
Así mismo, por comparación y descripción de los fenómenos, la luz es tomada como una onda, por ser la propagación de una perturbación, haciendo uso de las partículas del éter. En palabras de Huygens (1690/1944) “[...] admitiendo la elasticidad de la materia etérea, sus partículas tendrán la propiedad de restituirse igualmente rápido, ya sea que ellas sean fuerte o débilmente impulsadas, y así el progreso de la luz continuará siempre con velocidad constante” (p. 50), es decir, por similitud con casos conocidos como el de una bola B (Ver figura 3) que choca una bola A y que a su vez A se encuentra en contacto con más bolas C, la bola B le comunica todo su movimiento a A y luego A permanece inmóvil y así sucesivamente con A y C...

De lo anterior, encontramos que la luz es vista como una perturbación y se propaga siempre por un medio y no altera sus propiedades ni sufre desgastes energéticos mientras viaja en un mismo medio, sino que lo hace cuando pasa de un medio a otro, debido a que todos los medios están configurados de manera diferentes en sus partículas y justifican cambios en las características propias de dicha perturbación. Al igual que Huygens, pensemos en una unidad A (desplazandonos del manejo de la luz como cuerpo) que colisiona elásticamente (pero no



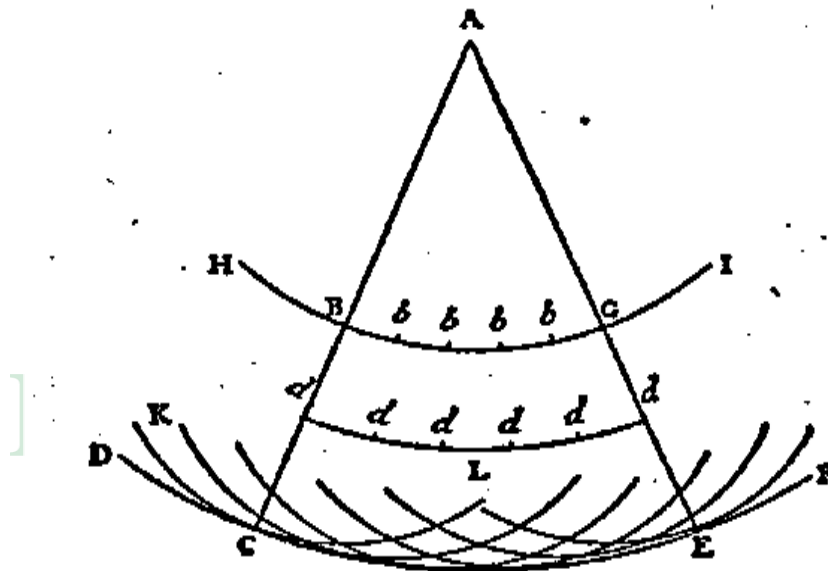
necesariamente de manera perfecta) con otras unidades, por efectos de esta colisión, la luz como perturbación, se transmite y tendrá presencia en el movimiento de la unidad D.

Figura 4 unidades de los transmitiendo movimiento de manera perfectamente elástico.



Pero no es tan sencillo, Huygens (1690/1944) menciona: “hay que tener en cuenta que son una cantidad de ondas las que pasan por cada punto, pero éstas están generadas con cierta periodicidad por lo que no podemos pensar que las ondas mismas se entrecruzan” (p 52).

Figura 5 propagación de la luz en frente de onda esférico.



En relación con la figura 5 y al seguir leyendo encontramos que se hace necesario aclarar que la luz es una onda, en tanto se le maneja como una perturbación y entonces ¿por qué decimos que viaja de manera recta? Pregunta a la cual Huygens (1690/1944) le da una respuesta:

[...] debemos considerar que en cada partícula de la materia donde se da la propagación de esta perturbación, no debe comunicarse su movimiento solamente a la partícula próxima que se encuentra en la línea recta trazada del punto luminoso, sino que necesariamente lo comunica también a todas las otras que la tocan y que se oponen a su movimiento. (p.53)

Lo anterior nos lo explica la Figura 5, de tal manera que cumple lo que se intentó describir con la figura 3 y evidenciando que la luz se comporta en forma de onda, al analizar la gráfica y leer lo escrito pensamos que como la luz se dispersa de manera radial en el espacio las ondas de luz se pueden tomar como rayos, ya que una misma partícula será perturbada en todas direcciones. Consideramos que la transmisión de ese movimiento es compensada por las perturbaciones de dirección contraria e igual magnitud de las partículas adyacentes, así pues, se anulan respectivamente estas perturbaciones y el único movimiento que se conserva es el que va en línea recta, hacia donde apunta la fuente de la luz. Huygens (1690/1944) afirma que “[...] la luz salvo que sus rayos sean reflejados o refractados, se propaga sólo por líneas rectas de modo que no ilumina ningún objeto sino cuando el camino de fuente a dicho objeto esté comprendido entre tales líneas” (p.53). Encontramos coherencia en esto- al menos en la parte experimental, donde por ejemplo al encender un puntero láser, la luz es perceptible únicamente en el lugar al cual se dirige el puntero, siempre y cuando la luz no transite entre medios diferentes. En la figura 5 observamos como la luz se transmite en un frente esférico, además, para determinadas fuentes que no permiten que la luz se propague en todas direcciones, podemos sustentar el trayecto recto de la luz, punto a favor para tratar la luz como perturbación, en tanto ahora la luz puede “cancelarse” o “sumarse” (atribuyéndole las características propias de las ondas). Extendiendo

nuestro concepto de luz a uno donde además los esquemas de luz como líneas rectas (o

diagramas de rayos luminosos) pueden seguir siendo interpretados, como el que se muestra en la

Figura 6.

Figura 6. Fragmento explicación refracción de Huygens (Huygens, 1690/1944, p, 68)

a través de las ondas.  
velocidad que sufren esas ondas.

La principal propiedad de la refracción es que un rayo de luz como  $AB$  (fig. 9) viniendo del aire a incidir oblicuamente sobre la superficie pulida de un cuerpo transparente

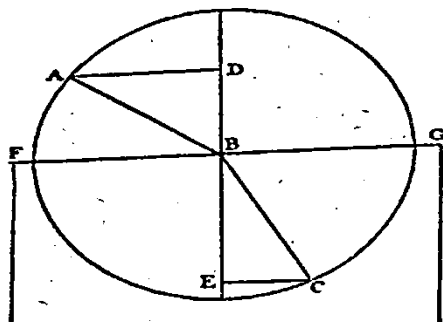


FIG. 9.

como  $FG$ , se quiebra en el punto de incidencia  $B$ , de manera que con la recta  $DBE$  que corta perpendicularmente a la superficie, forma un ángulo  $CBE$  menor que  $ABD$  que es el formado por la misma perpendicular con el rayo situado en el aire. La medida de estos ángulos se encuentran describiendo un círculo de centro  $B$  que corta a los rayos  $AB$  y  $BC$ . Las perpendiculares  $AD$  y  $CE$  tra-

zadas desde los puntos de intersección sobre la recta  $DE$ , que se llaman los senos de los ángulos  $ABD$  y  $CBE$  tienen entre sí cierta relación, que es siempre la misma en todas las inclinaciones del rayo incidente para un cierto cuerpo transparente; siendo en el vidrio demasiado próxima a la de 3 a 2, y en el agua muy aproximadamente como de 4 a 3, y así diferente en los otros cuerpos diáfanos.

Otra propiedad, semejante a ésta es que las refracciones son recíprocas entre los rayos que entran en un cuerpo transparente y los que salen, es decir, que si el rayo  $AB$  entrando en el cuerpo transparente se quiebra según  $BC$ , también  $CB$  siendo considerado como un rayo en el interior del cuerpo, al salir se desviará según  $BA$  <sup>24</sup>).

Las características propias de los “queiebres” de un rayo luminoso o su “refracción” son ilustradas en los análisis de Huygens (1690/1944), reflexiones que son relevantes en el aula bajo la idea de modelos de aprendizaje no tradicionales, que busquen ante todo comprensiones amplias de los conceptos más allá de la implementación de ecuaciones. Además, también evidencia que el índice de refracción está dado por las características propias del material y su interacción con la luz. Finalmente, se menciona con el uso de la geometría propia del esquema, que dicho rayo debe presentar el mismo comportamiento si cambiáramos su dirección, por lo cual deben de considerarse modelos matemáticos que involucren los ángulos y constantes que den cuenta de la desviación o refracción que sufre el rayo en el material (puesto que son propias del material y su interacción con un tipo de luz), es decir, una primera aproximación a la ley de Snell que hoy en día se maneja en la enseñanza de la óptica para el contexto colombiano.

Finalmente, podemos decir que analizar el texto de Huygens nos ayudó a reducir nuestros vacíos conceptuales, en cuanto a la enseñanza. Nos llevó a entender que en la enseñanza de la física es importante visualizar tal como nos indica Ayala (2006) que:

La dinámica de los problemas y conceptos rompe con la organización de la ciencia en teorías, la física como actividad comienza a plantearse como objeto de estudio en los cursos de física y el carácter dinámico e histórico de la física adquiere una gran relevancia. (p.25)

Es decir, la historia y la epistemología en el momento de afrontar la enseñanza de la física puede traer beneficios, no quiere decir que el docente enseñe este texto y los problemas de la enseñanza terminan (aún más si tenemos en cuenta que su complejidad es considerable estudiante de primaria y secundaria que apenas se aproxima a la física), más bien estamos hablando sobre un docente que busque más allá del libro que tiene a la mano para que se





refuercen los conceptos y teorías, que dinamice sus clases con talleres, lúdicas y laboratorios para así mejorar la incursión de una nueva fenomenología logrando que sus estudiantes se apropien del concepto.

Aunque las demostraciones matemáticas que giran en torno a la existencia o no existencia del vacío no están presentes en estas reflexiones por cuestiones de espacio y tiempo, podemos destacar de acuerdo con Lévy-Leblond (1988) que “la labor de la física expresada en razonamiento matemático podría describirse como la de retirar los andamios, recoger las ruinas y hacer patente a plena luz la estructura interna del edificio, la naturaleza y solidez de sus cimientos así como sus puntos débiles” (p.85). Matematizar estas cuestiones, tienen como objetivos ganar credibilidad bajo argumentos lógicos, dado que normalmente se cree (y aún persiste la idea) que no se puede discutir con un teorema matemático. Sin embargo, dado que las matemáticas son igualmente una producción humana, estamos sujetos a considerarlas como agentes de cambio en función de un determinado paradigma científico y colectivo de pensamiento. Así pues, los razonamientos matemáticos (en este caso geométricos) no pueden pensarse como axiomas de la realidad (un espacio euclidiano o tridimensional para Huygens, pensamiento propio de la física previa a las teorías relativistas y cuánticas). Al respecto Hans (1879/1934) opina que, aunque...

[...]Nos hemos encontrado una y otra vez con que, en las cuestiones geométricas, e incluso en las cuestiones geométricas simples y elementales, la intuición es una guía totalmente informal. Es imposible dejar que una guía tan informal sirva de punto de partida o de base de una disciplina matemática. El espacio de la geometría no es una forma de intuición pura, sino una construcción lógica.



El camino está abierto entonces para otras construcciones lógicas no contradictorias en forma de espacios que difieran del de la geometría ordinaria; espacios, en los cuales por ejemplo el postulado de las paralelas de Euclides este reemplazado por un postulado contrario (espacios no euclídeos), espacios cuya dimensionalidad sea mayor que tres, espacios no arquimedianos (p 360).

Es decir que a pesar de la capacidad de predicción que caracteriza normalmente el comportamiento del campo científico, no es viable interpretar estas características como reflejos inmediatos de una realidad independiente de nosotros. En tanto la realidad en sí misma se encuentra entremezclada con las interpretaciones que hacemos de ella y de lo que creemos que es una idea universal imparcial. Sin embargo, nos abstenemos de concluir que los análisis de este autor son definitivos por respeto a las producciones y divulgaciones científicas que constantemente surgen en la actualidad, y en concordancia con puntos de vista en los estudios culturales de la ciencia, que nos plantean que:

[...] no podemos usar una razón como explicación de porqué un científico ha tomado una decisión a menos que podamos substanciar independientemente la hipótesis de que el estado racional correspondiente formaba parte del equipamiento mental del agente.  
(Solís, 1994. p 86)

Queriendo decir que no podemos realizar conclusiones contundentes sobre qué constituye una entidad axiomática, en tanto dicho concepto no pueda ser analizado fuera del mercado cultural (el concepto de racionalidad que tienen) propio de un contexto. Algo complicado, si pensamos que dichos conceptos son desarrollados en el seno de una cultura con sus propias necesidades y paradigmas científicos.



### 3.2 Acercamiento Metafísico hacia la Energía.

En este segundo apartado se expone una reflexión sobre el concepto de energía apoyado en Aristóteles como autor de primera fuente, lo cual lleva a una interpretación del concepto de energía desde un punto de vista metafísico, ya que dicho autor lo trabaja en planteamientos de carácter metafísico<sup>1</sup>.

A lo largo de nuestra formación en física, nos ha inquietado el hecho de cómo la energía y el trabajo, son nociones físicas enseñadas normalmente juntas por la relación que llevan consigo dentro del análisis de situaciones mecánicas, que se enseñan en los ámbitos académicos. Pareciese ser una situación relativamente normal, que se entremezclan sus significados dentro de las construcciones mentales que elaboramos a la hora de su estudio<sup>2</sup>. Nos explicamos: en la vida cotidiana la palabra energía ha sido relacionada con la capacidad que tiene un cuerpo de realizar un trabajo o una acción, dicho testimonio resume con una increíble precisión las nociones que hemos escuchado de cercanos formados en física, así como de aquellos que han tenido gran tiempo sin profundizar en estas nociones científicas. Poca diferencia presentaríamos con este testimonio si nos preguntasen ¿Qué es la energía? Concluimos así -reafirmando que mencionamos todo esto, como una apreciación personal sobre el nivel de reflexión que hemos tenido, y creemos que tienen cercanos respecto de este concepto- que la noción de energía ha devenido en una definición poco elaborada, respecto del papel que juega en la búsqueda de una descripción de nuestro mundo.

---

<sup>1</sup> Cuando nos referimos a Aristóteles, hacemos alusión a las traducciones que se tiene disponibles de *física* que a decir verdad constituye una serie de anotaciones por parte de sus discípulos y se le atribuyen a él en tanto son ideas netamente aristotélicas.

<sup>2</sup> Si el lector no se familiariza con nuestras vivencias respecto a la enseñanza de esta unidad de contenido físico, puede remitirse a textos como física para ciencia e ingeniería de Serway, R y Jewwet, J. vol. 1, séptima edición., capítulo 7 y 8. para entender nuestro punto de partida. Sobre su estudio de manera oscilante aun en la definición de energía.



Permítasenos extender lo anterior diciendo que en el hecho de usar gran variedad de la terminología de las ciencias a lo largo de nuestra vida como esfuerzo, fuerza y energía su trascendencia como nociones científicas conlleva a nuestro parecer una serie de consideraciones que pueden llegar a contradecir o al menos desafiar la intuición que hemos adoptado de manera sensible a lo largo de nuestra vida. Quien estuviese de acuerdo con nuestro punto de vista, podrá asegurar a nuestro lado, que creer en la comprensión del mundo a través del sentido común es insuficiente, es pobre en los fenómenos más complejos de la ciencia, del mismo modo en materia de la educación institucional si hablásemos como docentes, es decir, la educación no puede comprenderse desde el sentido común; como ejemplo de esto tenemos la concepción del tiempo y el espacio entre la física clásica y la moderna (en una son entes separados y uno no depende del otro, y en la segunda se desempeñan como un solo ente dinámico llamado espacio-tiempo).<sup>3</sup>

[...]Puesto que la intuición resultó engañosa en tantos casos, y puesto que las proposiciones que la intuición tomó como verdaderas: se demostró mediante la lógica que eran falsas, los matemáticos [...] se volvieron cada vez más escépticos con la validez de la intuición [...]apareció entonces la exigencia de expulsar la intuición del razonamiento.

(Hans, 1879-1934, p.356-357)

Guiar este proceso según lo anterior es difícil como docente o estudiante de la física, pues lo que hemos creído obvio, debemos demostrarlo o comprenderlo de otra manera ya sea para su contradicción o refinación. Sin embargo, aclaramos que no pensamos que dicha nomenclatura científica sea una desagradable coincidencia pensada para un innecesario complejizar del vocabulario, sino más bien, hemos interpretado esto como un llamado al entendimiento científico

---

<sup>3</sup> Son muchos más los ejemplos que pudiéramos brindar a lo largo de la historia para justificar esto: creemos estar en reposo, sin embargo, es bien sabido por la ciencia, que nuestro planeta es móvil igual que otros tantos cuerpos del universo, o bueno, al menos eso mencionan las teorías hoy aceptadas en nuestro contexto.





de nociones pensadas y discutidas, a lo largo de nuestra historia como comunidad científica, en el mundo de las ciencias y sus asociaciones con las representaciones que hemos construido para nuestro mundo inmediatamente cercano. Es por esto que nos disponemos a entrar en la filosofía, que motivó el entendimiento del mundo de la materia, a través de algo no palpable, con la negación de una definición de energía como acto de fe e intuitiva, deseamos profundizar en las consideraciones de este concepto, tan mencionado en el proceso de aprendizaje de la física. Una visión de la energía, como una mera formulación o valor necesario para resolver problemas, que la dinámica Newtoniana no puede resolver de manera sencilla es insuficiente. Aun cuando un libro de texto diese una definición adicional a la energía, el hecho de cómo llegar a esa noción y cómo se construye para descartar otras posturas científicas, sería un asunto cuestionable. Un resultado acabado en un instante es vacío y no aspira a algo más, como ha sido nuestra situación en el momento de estudiarlo a un nivel introductorio, ser aceptado por quien lo observa y escucha desde un rol pasivo.

### 3.2.1 Constructivismo en la enseñanza de las ciencias.

Las representaciones mentales que hemos elaborado a lo largo de una serie de experiencias<sup>4</sup> devendrían para Mach (1948, p.1), con quien ciertamente presentamos un total acuerdo, en un concepto inmaduro a espera de ser introducido y florecer en las márgenes del razonamiento científico. Hemos decidido centrarnos precisamente en el concepto de energía puesto que su asociación inmediata con la capacidad de realizar un trabajo en la mayoría de libros de texto, y de este como un intercambio de la primera, no aportan a nuestra opinión, gran información cuando se pasa de gastar un algo para hacer otra cosa, noción que a nuestro parecer no pasa de ser un acto de fe someramente refinado por estar en los libros de texto convencionales. Con esto

---

<sup>4</sup> Cabe decir que cuando nos referimos a una serie de experiencias, hacemos alusión a una formación no institucionalizada o comprendidas dentro de los márgenes formales de los estudios científicos, en resumen, la vida cotidiana.



como punto de partida, y en nuestra experiencia, nos arriesgamos a decir, que dicha falta de comprensión sobre lo que significa la energía, aparte de una magnitud y su relación con la ejecución de una acción, perdura en su construcción como una sola entidad en la mayoría de las instituciones educativas, espacios donde se lidera la formalización de este concepto. Siguiendo la línea de Mach (1948) pretendemos resaltar, la similitud que nos ofrece con las reacciones que nos han sido cercanas para esta palabra, y así, vincular estas nuevas concepciones a nuestra conciencia como al extremo de un hilo, aunque se busque separarla del lenguaje cotidiano

Es necesario pensar en la forma en que los conceptos se han construido, decirse que años y siglos han trabajado en su formación y ya no se admirará que su contenido no puede tenerse con una representación individual en un instante. La naturaleza del concepto se muestra con mayor nitidez solamente a quien comienza a dominar una ciencia. Este no ha asimilado en forma instintiva el conocimiento de los hechos fundamentales, sino que los ha observado atentamente, cuidadosamente y con intención. (Mach, 1948, p.2)

Cuando se parte con este modelo de abstracción escalonado, donde todo se construye lenta y progresivamente, nos es imposible pensar que dichas consideraciones iniciales y esas implicaciones sobre la energía no se encuentran perdidas en los estragos del tiempo. Este recorrido histórico y epistemológico, comienza a convertirse en la piedra angular del desarrollo conceptual, nos vemos en la necesidad de remitirnos a las primeras consideraciones de energía, como reflexión filosófica en relación con la naturaleza por parte de Aristóteles. Hemos decidido en esta ocasión, fijarnos en la consideración de energía por su rol en una filosofía de naturaleza, que no es otra cosa que la física, pues hasta aquí, tenemos una ardua labor y nuestro interés va orientado sobre todo a la noción de energía desde nuestras experiencias sensibles. Sustenta este



proceder Heisenberg (1956) en la imagen de la naturaleza en la física actual al decir que “la actitud ante la Naturaleza se expresa mediante una filosofía natural altamente desarrollada.” (p.1)

Para ejecutar nuestro propio rol interpretativo, y que esta estructura pase de ser una narración de lo que este pensador griego ya ha mencionado, no nos limitaremos solo a un reporte sin sentido como lo menciona Carr (1983, p.19): en el papel de interpretar, seleccionar y mencionar el contenido relevante para la formación de nuestros intereses, labor que corresponde al historiador, pues no podemos eludir ese “sólido núcleo interpretativo rodeado de la pulpa de los hechos controvertibles” (Carr, 1983, p.32) en sus mismas palabras, establecer un diálogo constante entre nuestro presente y el pasado.

Si “la problemática no gira en torno a las piezas faltantes”(Carr, 1983, p.18) del rompecabezas y se acepta la imposibilidad de abarcar la historia, el pensar en una verdad absoluta se traduce en que omitimos; los estragos del tiempo, del espacio y de la subjetividad que se plasma a la hora de realizar un filtro o una selección de hechos importantes, tanto en el recorrido de la información desde el lugar de los hechos, como en la lectura individual, cuando nos apropiamos de determinados conocimientos, pensando que todo lo que se posee en ese momento es auténtico, es lo importante y es neutral. Lo cual carece de sentido por el carácter evolutivo de nuestro aprendizaje y lo que hoy por hoy poseemos de la ciencia.

Por la noción de historia interpretativa y construcción de conceptos la múltiple interpretación de la comunidad científica da lugar a la existencia de múltiples factores que nunca serán previsibles para aquel que lea los autores contemporáneos, sin embargo, puesto que al menos parcialmente aquí hemos abandonado el determinismo esto no presentará un obstáculo. Si pensamos que “*las pequeñas causas producen grandes efectos...porque las causas pueden ser muy complejas*” (Poincaré, 1854-1912, p. 73), que “hay grandes diferencias en la causa y



pequeñas diferencias en el efecto” (p. 71) o que dichos cambios son proporcionales, donde el efecto es lo observado en una socialización y la causa es su carga histórica y conceptual en un acabado intuitivo, para nosotros no representa esto una medida de desconocimiento y de ignorancia, saliendo de la debilidad humana en lo que plantea Poincaré (1854-1912, p. 68-69). Sino más bien, una oportunidad de auto cuestionamiento sobre lo que se sabe en base a lo que se está conociendo del otro. Dado esto, nuestro diálogo se presenta con este autor, más que todo, para proceder con prudencia respecto de estas interpretaciones que se han dado a lo largo del tiempo, no porque huyamos de ellas, sino porque consideramos que nuestro concepto de energía ha sido consecuencia en parte de esta serie de transformaciones, interpretaciones y acotaciones. Es esto, lo que nos motiva a plantear nuestras ideas con uno de los referentes más antiguos de la energía.

Este tipo de proceso de construcción del concepto de energía que se enmarca en las ideas del *análisis histórico-crítico* (Ayala, 2006) como herramienta de recontextualización, es escogido por la amplia gama de ventajas que trae para nuestra labor docente, nuestra formación en física y para motivar esta transformada divulgación de la ciencia ligada al contexto, todo esto en un diálogo con Aristóteles que nos permite establecer una relación con el autor original sobre la energía como filosofía primera de la naturaleza (argumento que profundizamos más adelante) con el fin de ver viejos cuestionamientos con nuestros propios ojos, las problemáticas que acarrea, etc. Con miras a facilitarnos la comprensión y uso de este concepto.

### 3.2.2 Acerca de la dimensión metafísica en las ideas aristotélicas sobre la energía.

Cuando empezamos a explorar entre la gama de obras traducidas disponibles de Aristóteles, nos pareció coherente partir de su “*física*” (Aristóteles, s.f), rápidamente simpatizamos con la forma de manejar la física como una serie de principios generales para el estudio de la





naturaleza, nos topamos con que los estudios de esta escritura estaban centrados en el movimiento, ciertamente observamos en su *libro II*, donde desarrollamos todo este escrito, los matices iniciales de energía que buscábamos: “la forma es más naturaleza que la materia, porque decimos que una cosa es lo que es cuando existe actualmente más que cuando existe en potencia” (Aristóteles, s.f, p.101), porque en cada una de las existencias hay un principio de movimiento que las impulsa según una alteración propia o ajena, esta noción de energía hace alusión a la actividad o actualización de un estado de los cuerpos, y aunque el concepto de *enérgeia*<sup>5</sup> como la maneja Aristóteles, está ubicado y desarrollado en cabalidad explícita en su obra *metafísica* y *del alma*. Nos centraremos en *física* por los rasgos que adopta aquí la *enérgeia* de manera implícita como fundamento causal de los fenómenos naturales. Esto resulta como abre bocas, y puede sonar confuso (pues para nosotros fue ciertamente difícil entender sus notas), profundizaremos en ello.

Para Aristóteles (s.f.) “algunas cosas son por naturaleza, otras por otras causas. Por naturaleza; los animales y sus partes, las plantas y los cuerpos simples como la tierra, el fuego, el aire y el agua” (p. 97) ciertamente aquí se vislumbra la percepción azarosa del mundo que poseía Aristóteles, aquello que no encaja dentro del sentido común como una presencia simple, pudiese atribuírsele a la técnica de algún forjador del mundo o del *arte*. y aunque no lo fuese, el reduccionismo del mundo a entes someramente simple es un argumento bastante arriesgado, sobreestimando el valor que puede llegar a adquirir un método inductivo para determinar una idea universal de trasfondo de los fenómenos naturales. Y mencionamos esto, no por otra cosa, de lo que ha mencionado inmediatamente después... “todas estas cosas parecen diferenciarse de las que no están constituidas por naturaleza, porque cada una de estas tiene en sí misma un

---

<sup>5</sup> Ibid. P.101. nota al pie. Se menciona que la noción de *enérgeia* manejada por Aristóteles se desarrolló en su obra titulada *metafísica*. Ver *metafísica*, libro IX.



principio de movimiento y de reposo” (p.97) aquello que estuviese constituido de arte o la técnica ( o en otras palabras entes no simples como el acto del hombre, una cama por ejemplo), parecerá estar desconectado del comportamiento natural, y como tal, ya no cabría en los márgenes de la física fundamentada en la naturaleza.

Situar los objetos no simples como producto del arte privando a estos de un principio de movimiento causado por la naturaleza como ente motor, trasciende en que la existencia de una energía natural como principio causal de todos los movimientos es ineficaz e incompleta. Sin embargo, al menos en los análisis mecánicos de la física clásica, un modelo hoy conocido para resolver las problemáticas que nos agobian en nuestras localidades, la energía es aplicable de manera indiscriminada a todo tipo de situaciones; es aquí donde preguntamos ¿Qué rol cumple la energía como principio causal del movimiento natural en las situaciones propias de la técnica que sufren la manipulación del hombre en calidad de montajes experimentales? Heisenberg (1956) alegraría que esto no radica en el concepto físico de energía, sino en el concepto de naturaleza, para él, la naturaleza con el transcurrir del tiempo:

[...] se convirtió en concepto colectivo de todos los dominios de la experiencia que resultan asequibles para el hombre con los medios de la ciencia natural y de la técnica<sup>6</sup>, prescindiendo de si alguno de tales dominios forma o no parte de la “Naturaleza” que conocemos por la experiencia ordinaria (Heisenberg, 1956 p.13).

Carecemos de fundamentos para negar tal afirmación, porque de hecho se acomoda considerablemente con nuestras percepciones de la naturaleza desde la ciencia actual. Y aunque dicha respuesta tendría bases sólidas, nos inquieta la brecha en el paso de esta naturaleza

---

<sup>6</sup> Heisenberg no habla de técnica como en la noción aristotélica, para él este término hace alusión a los procedimientos realizados con el uso de instrumentos para realizar mediciones y postular leyes. P. 12-14

aristotélica del sentido común, a una de la ciencia y la técnica de Heisenberg, pues si nos conformamos con este hecho, la energía recaería en una definición motor de acción y donde la discusión se focaliza en la naturaleza. Si dicha precisión es esencial para proseguir, no nos permitimos centrarnos en ella, porque lo relevante para nosotros es la energía y sus consideraciones en la trascendencia de estos cambios del mundo sensible. Redirigir la discusión a la naturaleza, sería salir por la tangente de nuestro constructo en el concepto de energía, aunque su estudio tenga relación con la concepción de la naturaleza en todo momento.

¿Qué menciona Aristóteles frente a nuestros cuestionamientos? Sustenta que aquello que no es natural, lógicamente no tiene tendencia natural al cambio; pero que pudiese atribuírsele este principio en tanto consideramos que están hechas de lo natural en sus partes. “Porque la naturaleza es un principio y causa del movimiento o del reposo en la cosa a la que pertenece primariamente y no por accidente”. (p.97-98) Suena esto coherente desde las percepciones sensoriales de un individuo, pero debemos atribuirle a este principio, que viene siendo posibilidad de movimiento o actualización de estado, una capacidad en potencia como acto porque la energía -que es lo que se esconde en este principio- deviene en la capacidad de mover o ser movido. Ya sea cuando es su naturaleza propia o por accidente al atribuírsele el principio natural en sus partes.

Aun si solo nos movemos en la física clásica, encontramos grietas en este planteamiento aristotélico. Todo es comprensible en tanto nos referimos a una noción mecánica del mundo, pero ¿Qué lugar juegan los fenómenos termodinámicos en estos principios? Que en nuestra opinión son cercanos a la experiencia sensible. Destacamos esta dimensión poco desarrollada en la energía aristotélica, y no nos permitimos extenderla a estos, por cuestiones de espacio y evidencias que sugieran un análisis de estas situaciones.



Cuando Weyl (1940, p.222) hace alusión al método inductivo de Aristóteles, interesándose por aquello que realmente existe pensado en la noción de sustancia y accidente, contrastándolo con un modo matemático de pensar, ciertamente da en el clavo con lo tratado hasta el momento. Es decir, Aristóteles al hacer uso explícito de un substrato, para otorgarle ese principio de movimiento o actualización, o en nuestras palabras brindarle la energía, acota de manera drástica la realidad, lo cual ciertamente resulta ineficaz cuando tratamos de hablar de fenómenos no perceptibles por el tacto. Por lo tanto, debe de pensarse, a qué cuerpos se le puede atribuir esta energía como principio de movimiento, ¿pudiese algo no palpable, ser considerado algo propio de gozar de ser estudiado en la física y de atribuírsele una energía aristotélica?

Aristóteles ilustra en su escritura que la forma y la materia propia de los substratos, no son hechos descriptivos en la física, pues aquí, la forma es más relevante en tanto puede atribuírsele indirectamente por comportamiento natural, al igual que aquello producto del arte... la forma es más naturaleza que la materia, porque decimos que una cosa es lo que es cuando existe actualmente más que cuando existe en potencia” (Aristóteles, s.f, p.101) Esto representa un refinamiento de la energía como principio causal del movimiento, puesto que la energía como causa o capacidad de mover o ser movida matizada en este principio de movimiento resulta insuficiente para ciertas situaciones como ya lo hemos mencionado, la consideración de la forma no como característica descriptiva del mundo, sino como sinónimo de actualidad y no de proceso o potencia, puede definirse como la propiedad o capacidad de poseer una energía, bajo la consideración de una *perfección resultante* o un estado del cuerpo. Esta capacidad de atribuir, digamos, “un principio de estado” caería bajo la definición de *entelecheia* trabajada en conjunto con la noción *enérgeia*, ambas en la *metafísica*<sup>7</sup>. Así que, la energía aristotélica que aboga por la

---

<sup>7</sup> Dicha relación entre *enérgeia* y *entelecheia* es muy estrecha, he intentado aquí notar su diferenciación en un lenguaje más comprensible. Aristóteles- *física* (s,f , ver Pie de pág. 101)



física sensorial con las nuevas consideraciones mencionadas y en conexión con el sentido común, preserva de cierta manera la característica actual de atribuir una energía a los cuerpos como estado movimiento, pero plantea de manera adicional consideraciones filosóficas sobre la armonía que este movimiento presenta con la propia tendencia natural de un cuerpo.

Esta filosofía es fácil de asimilar desde los fenómenos mecánicos del mundo, por querer decir con mecánico aquellas situaciones que relacionamos con una observación directa del proceso que siguen cuerpos directamente palpables. Sin embargo, en las situaciones que son más de forma o que no son completamente materia, este principio metafísico es rescatable.

Es menester aclarar lo siguiente, Pensar en términos de la tendencia natural de los cuerpos desde el marco estrictamente aristotélico ha dejado de ser viable en nuestro contexto actual en tanto las ciencias han dejado de pensarse desde un punto de vista teleológico (influenciado por los estudios biológicos de Aristóteles) y se han desplazado a corrientes deterministas y mecanicistas donde se piensa en las variables que interactúan en un estado actual y como este constituye la predicción de situaciones futuras con ayuda de las matemáticas. Todo esto en un intento de expulsar la religión, la alquimia, la astrología y otras dimensiones culturales de los estudios científicos y darle a esta un supuesto de carácter objetivo<sup>8</sup>. No obstante, estas reflexiones metafísicas más allá de adoctrinar en el pensamiento aristotélico, nos permiten hoy en día construir orden en nuestra concepción sobre la forma en la que se desarrolla el mundo y pensar sobre las causas que conectan un cuerpo con una esencia o alma (en un sentido figurativo) y da orden a la forma en que los substratos se desarrollan en el mundo, pensamos que se trata de pensar que la filosofía ha estado presente en el desarrollo del pensamiento científico y siempre interactúa en la forma en la que percibimos la realidad. Hoy en día las reflexiones sobre la

---

<sup>8</sup> Ver Roldan, Ben-Dov & Guerrero. (2014) LA COMPLEMENTARIEDAD: UNA FILOSOFÍA PARA EL SIGLO XXI. pre-publicación del libro publicado por Programa Editorial, Universidad del Valle, calí, Colombia. p. 62



*enérgeia* y la *entelecheia* tienen repercusiones en el desarrollo de la naturaleza como ente organizador del mundo en tanto a la armonía y coherencia que presentan los conceptos físicos en la predicción de los fenómenos, más allá del sentido estricto de causa final.

Por ejemplo: cuando hablamos de la energía en el sonido musical Jeans (1937) menciona que “La energía almacenada en un instrumento musical generalmente se gasta poniendo en vibración el aire alrededor” (p.225), refiriéndose a la energía como un tipo de combustible para que la música pueda llegar a nosotros haciendo vibrar el aire, aquí persiste con el principio aristotélico, de que todo aquello que se mueve debe ser movido por algo, a saber en este caso, por la energía reflejada en la amplitud de una onda que hace vibrar el medio(el aire), y aunque no menciona él este trasfondo, delata su uso explícito al decir después que “de ello se deduce que si queremos mantener la vibración, debemos de suministrar constantemente nueva energía[...] si no se suministra nueva energía la vibración se extinguirá.” (Ibid, p.226) Por lo tanto, la *enérgeia* como principio natural de movimiento desemboca de manera armoniosa en la música hasta nosotros, para posteriormente buscar su *entelecheia* o perfección natural en el reposo del medio, hasta que nosotros como arte imitando la naturaleza lo perturbemos, de nuevo mediante un movimiento violento en la transmitiéndole nuestra propia capacidad de movimiento.

Entonces la onda debe considerarse como parte de la naturaleza, aunque no sea directamente perceptible como un substrato, porque el aire si lo es y la onda interactúa con él perturbando su *entelecheia*<sup>9</sup>. Debe considerarse que esto debe pasar claramente en un límite aristotélico donde el espacio es continuo, esto lo señala Clifford(1873) cuando a partir de Aristóteles plantea su *axioma de continuidad*, para que desde el sentido común, pudiésemos asimilar que siempre podemos bisecar o dividir una línea o un cuerpo (p.150-151); Por tanto que las interacciones del

---

<sup>9</sup> Esto recuerda a la dualidad onda partícula de la física moderna, tal parece ser que aún rasgos de esta filosofía se ven en los resultados más recientes de la ciencia, valioso aporte para mostrar que aun guardamos conexiones con nuestros inicios.



arte y lo natural, o lo que es por naturaleza y aquello que es naturaleza, se dan en el límite común de los cuerpos que no es del uno ni el otro, todo este continuo es un escenario por el cual se presentan, y desfilan las interacciones entre los cuerpos con las causas detrás del telón<sup>10</sup>.

Cuando Duhem (1914,2003) realiza un recorrido histórico de la gravedad, como preparación para la teoría newtoniana, con el fin de mostrar que las hipótesis, que usa la ciencia no son espontáneas, sino que son producto de una ardua serie de transformaciones a lo largo de la historia, toma como punto de inicio el pensamiento griego, específicamente, las nociones aristotélicas de la gravedad. Menciona él, que desde el razonamiento aristotélico los cuerpos dotados de *forma sustancial* tienden a un centro matemático llamado centro del universo, haciéndolo tan rápido como pesado sea en comparación con los demás cuerpos. (p.294), y aunque, hoy en día este modelo ha sido refutado y abandonado<sup>11</sup>, no contradice el principio de *entelecheia* que Duhem (1914,2003), menciona de manera implícita inmediatamente después, al decir que bajo este razonamiento aristotélico, los cuerpos tienden a buscar su lugar natural en el universo, o estado de perfección mediante un movimiento natural, cada vez que un movimiento violento (o no propio de la *enérgeia*, o mejor dicho, el arte imitando el principio de movimiento), lo perturbe momentáneamente (p.295). Muestra esto que la filosofía aristotélica de la energía, con las debidas reflexiones, aún es un elemento rescatable, aun cuando se usa para hacer contrastes,, hechos que podrían discutirse sería: definir ese lugar natural o estado al que aspira la

---

<sup>10</sup> En la actualidad se acepta que el universo no es divisible infinitamente, por el contrario, se busca llegar a partículas elementales que son la base para la formación del mundo. Si bien los anteriores planteamientos pueden no ser aceptados por otras vistas de la ciencia, es precisamente destacar el espacio donde se desarrollan los fenómenos lo que es realmente relevante, ya que es de vital importancia al estudiar los fenómenos de la ciencia en mi opinión, en lugar de saltarse a una serie de ecuaciones: entender que la física es evolutiva presenta cambios según las necesidades de quien la estudia y que también es una percepción del mundo. Por ejemplo, hoy en día la física de medios continuos aun es enseñada y usada en los fenómenos cercanos al ser humano por su aceptable aproximación para los fenómenos de flotabilidad, hidrostática, etc. Todo radica en no casarse con una forma de ver el mundo, aquel que comprenda esto, procederá en mi opinión con prudencia en el campo científico y hará buen uso de teorías físicas según sus necesidades.

<sup>11</sup> Desde la teoría newtoniana el valor de la aceleración con la que cae un cuerpo no depende de la masa de este, sino de la distancia respecto del centro de masa y la masa del cuerpo hacia el cual cae.

materia y la forma bajo esta filosofía, sin embargo, sea cual sea esta tendencia: la tierra, un astro propio, un sistema elaborado o un estado particular de movimiento; “la tendencia natural [...] de cada cuerpo hacia el lugar más favorable para la conservación y disposición armoniosa del mundo”(Duhem 1914, 2003. P. 295), sigue siendo un punto de vista sólido a nuestro parecer, en tanto buscamos postrarnos en los ojos que comprenden esta arquitectura universal.

### 3.2.3 Las reflexiones metafísicas en la enseñanza.

Las reflexiones que aquí se realizaron constituyen un repensar de la energía y la naturaleza en la cual influye. El lector llegar a pensar sobre esta particular manera de abordar un concepto físico, que pareciese tener tintes filosóficos confusos. Aun nosotros lo hemos pensado en el momento de realizar estas reflexiones, pero no representa esto una noción primitiva u obsoleta de física. Como cuestiona Einstein (1965) “A menudo se ha dicho, y no sin justificación, por cierto, que el hombre de ciencia es un filósofo de mala calidad ¿Por qué el físico no deja, pues, al filósofo la tarea de filosofar?” (p. 98-99) debemos de repensar y reflexionar sobre cuál es la labor del físico, a la hora de estudiar la física. Un estudiante de la física seguro de su verdad objetiva se encuentra aislado en el tiempo y en una posición cerrada, respecto del resto del mundo de la ciencia. “el físico no puede simplemente entregar al filósofo la contemplación crítica de los fundamentos teóricos, porque nadie mejor que él puede explicar donde le queda chico el zapato” (p.99). Es decir, que corresponde al que estudia la física, y esto nos incluye a los docentes de física, identificar nuestros puntos débiles de aprendizaje y analizar críticamente los saberes que adquirimos, pues, en nuestros hombros esta una imagen de ciencia y su divulgación. Debemos tener presente que “*la ciencia es un refinamiento del pensamiento de cada día*” (p. 99). El estudio de las ciencias debe abarcar de igual manera como estas reflexiones filosóficas permiten



el desarrollo de la forma en la cual comprendemos la naturaleza y el lugar que asignamos a diferentes conceptos científicos dentro de ella.

Hacer uso de la metafísica como agente organizador de las ciencias, nos permite elaborar en nuestra mente construcciones bien pensadas y coherentes que interactúan con la armonía y belleza que percibimos en la observación del mundo. De hecho, parece ser un rasgo de belleza lo primordial en la física buscada por los científicos, una relación entre ciencia y lo estético, lo esencial para que estos principios naturales respeten un universo como construcción bien pensada de la realidad. Expresa esto Jeans (1937) cuando diferencia la música del ruido, y decide centrar su estudio en esta primera, considerándola como la digna de ser introducida en los márgenes del razonamiento científico, por su regularidad y armonía.

Cuando nuestra formación como docente, se ve implicada en esta reconstrucción de la energía, nos vemos en la necesidad de buscar la conexión de estos puntos de vista filosóficos, y de lo sensorial, hacia el simbolismo y hasta en los mecanismos de medición. Dado que la física se enseña con referentes matemáticos en el contexto colombiano, nuestra labor como docentes con punto de vista crítico nos permite hacer uso del proceder metafísico para reflexionar sobre los isomorfismos que esto conlleva en la cuantificación, o mejor dicho darles un sentido desde las relaciones que presentan de manera ordenada en el desarrollo de un fenómeno. Precisamente, nos hemos motivado por ello en dirigir nuestra mirada hacia Aristóteles, puesto que presentar rasgos de estas reflexiones filosóficas permite apropiarse y establecer una relación propia con la forma que asumimos el funcionamiento de la realidad desde diversas dimensiones que hoy en día se han descartado en los procesos de construcción de conocimiento, a nuestro parecer, a causa de los métodos tradicionales de enseñanza.





Pasando por la filosofía, la búsqueda armoniosa del mundo, la matematización y entender el escenario en el que se desenvuelve nuestro mundo, para la energía y las consideraciones que nos hemos permitido realizar, podríamos decir que las reflexiones buscadas inicialmente han dado vistas interesantes para aspectos que normalmente los docentes de física, pasamos por alto. Cada teoría física que aprendemos no es un desvanecimiento completo del pasado, o una generación espontánea para impartir en las aulas de clase, pues anotaciones como estas son dignas de ser estudiadas y aquel que buscase omitirlas atentaría contra el carácter evolutivo de la ciencia, que tan grande resultados ha brindado como el intercambio de ideales, filosofías y contextos de producción. Además de ser esto un proceso personal del cual ciertamente quedan brechas que retomar y reflexionar en un futuro, resulta ser un ejemplo concreto del tipo de análisis que deben motivarse en los estudiantes en el estudio de las ciencias, cuyo fruto más grande para nosotros es el llamado a humanizar las ciencias para que pueda comprenderse que la ciencia no es solo un conjunto de verdad frías que memorizar, es más bien, una forma de pensar para resolver problemáticas, para comprender el mundo, un proceso de constante producción y refinamiento del razonamiento y del sentido común, espacio de interacción con los otros saberes, etc. Un asunto que aguarda tantas sorpresas y puntos de vista como pueda permitirnos el razonamiento y la discusión con nuestros compañeros. Por lo tanto, aquí no termina el asunto de la energía y la ciencia, una interminable evolución sobre nosotros mismos es lo primero que hay que admitir, en las aulas como docentes y en nuestras vidas como estudiantes de las ciencias.

### **3.3 Nuestra interpretación del concepto de Fuerza: La presencia de la Fuerza en torno al cambio de movimiento.**

Según Mach (1948), cuando en la conciencia encontramos un contenido representativo que se agota, no tenemos una formación clara de lo que es un concepto, es bajo estas ideas que en



nuestra formación docente vemos la necesidad de realizar profundizaciones a nivel intelectual con el fin de buscar riqueza en nuestro discurso. Uno de los conceptos con los cuales nos sentimos inseguros al tratarlo en el aula, o mal preparados más allá de una serie de ejercicios de índole formal, es el concepto de *fuerza*. Si bien, hemos hablado de este concepto en los diferentes espacios de formación que hemos podido presenciar en torno a la física, todo el tiempo nos hemos ceñido y asumido definiciones que se le han otorgado a este concepto, pero no nos hemos tomado la tarea de hacer un análisis profundo del concepto de fuerza que nos han presentado hasta el momento. Por ejemplo, si tuviéramos que definir el concepto de fuerza carecemos de argumentos para realizar dicha acción desde nuestra perspectiva, ya que solo tenemos representaciones abstractas y situaciones de ejemplo para responder, aun así, no tenemos una gran diversidad experiencias que nos dirijan directamente a este. En pocas palabras el concepto de fuerza no existe de manera clara en nuestro y nuestras representaciones típicas son solo palabras y experimentos que otros han realizado, normalmente en libros de texto.

Con el fin de contribuir a la construcción de nuestro concepto de fuerza, en la misma línea de ideas que se ha tratado en los anteriores apartados sobre procesos de Recontextualización tomaremos como guía principal la idea plasmada por Newton en *Principios matemáticos de la filosofía natural* (*Philosophiæ naturalis principia mathematica*). Daremos a conocer nuestras reflexiones e interpretaciones sobre los puntos que presentan importancia en nuestra práctica educativa y propio aprendizaje de la Física. También es importante como maestros en formación, que hagamos una revisión de los conceptos que posteriormente vamos a enseñar y cómo nos apropiamos de estos. Para esto cabe preguntarnos ¿En verdad construimos el concepto o asumimos todo lo que escuchamos y leemos? Es decir, hemos estado grabando múltiples definiciones y propuestas que nos suministran los libros de texto, por los que nos hemos guiado

durante toda nuestra formación hasta el momento y no profundizamos en conceptos tales como la fuerza. Eso lo asociamos al hecho de que siempre producimos cosas: unidades didácticas, trabajos de investigación, trabajos de grado, tesis de maestrías y doctorados, entre otras; para nuestros estudiantes o en torno a ellos. La mayor parte de nuestra Carrera nos forman para mirar al otro y hacer un análisis crítico sobre ellos y nunca vemos hacia nosotros, nunca escribimos en primera persona, por ejemplo. Es ahí donde empezamos a fallar, en el sentido de que nos formamos para ser maestros y la construcción de muchos conceptos de Física no se han pensado de manera consciente, como es en este caso: la fuerza. Aunque pensar en que debemos dominar totalmente los conceptos trabajados en esta rama de la ciencia es algo utópico, no está de más persistir en nuestro crecimiento intelectual de manera constante.

La fuerza que normalmente hemos entendido como una medida o referencia sobre las interacciones que involucran un cambio de movimiento entre los cuerpos, ha ganado especial importancia en el estudio de la física (en profesores de física) puesto que gran parte de los estudios físicos en la resolución de problemas se modelan para ser comprendidos en términos de la dinámica newtoniana. En el contexto colombiano “las leyes de newton” y “la ley de gravitación universal” han tomado especial importancia en los estándares de competencia a desarrollar en la educación de secundaria para el desarrollo y la aplicabilidad del concepto de *fuerza*.

Figura 7. Estándares en el desarrollo de competencias para el MEN en los procesos físicos de décimo y undécimo grado.



- Establezco relaciones entre las diferentes fuerzas que actúan sobre los cuerpos en reposo o en movimiento rectilíneo uniforme y establezco condiciones para conservar la energía mecánica.
- Modelo matemáticamente el movimiento de objetos cotidianos a partir de las fuerzas que actúan sobre ellos.
- Explico la transformación de energía mecánica en energía térmica.
- Establezco relaciones entre estabilidad y centro de masa de un objeto.
- Establezco relaciones entre la conservación del momento lineal y el impulso en sistemas de objetos.
- Explico el comportamiento de fluidos en movimiento y en reposo.
- Relaciono masa, distancia y fuerza de atracción gravitacional entre objetos.
- Establezco relaciones entre el modelo del campo gravitacional y la ley de gravitación universal.
- Establezco relaciones entre fuerzas macroscópicas y fuerzas electrostáticas.

Como podemos ver en los párrafos uno, dos y siete presentes en la anterior figura nos hablan de la relación que tiene la fuerza con el movimiento, las diferentes magnitudes y características de los objetos. Por lo que se hace fundamental la comprensión de dicho concepto y llevar un buen desarrollo de los diferentes temas que lo involucran.

Así pues, en nuestro proceso formativo como docentes las reflexiones son tan importantes como recurrentes. Aunque la dinámica newtoniana hoy en día ha sido desplazada en la mayoría estudios de escala astronómica y subatómica que se inscriben en la llegada de las teorías relativistas y la mecánica cuántica respectivamente; en comparación con las teorías modernas hoy en día sigue prevaleciendo en cuestiones de enseñanza por su aproximación a fenómenos cercanos al ser humano y la simplicidad que presenta en su manejo matemático para las nuevas generaciones que recién se aproximan a la física. Debemos aclarar que no consideramos en ningún momento que la enseñanza de la *fuerza newtoniana* o *dinámica newtoniana* deba



prevalecer sobre el manejo de este concepto de *fuerza* en física moderna, Por el contrario, pensamos que el ánimo de explorar los escritos de Newton sobre las situaciones dinámicas consiste en:

- Reflexionar sobre aspectos de esta producción científica que normalmente pasan desapercibidos en su enseñanza y aprendizaje desde los libros de texto convencionales como resultado de interpretaciones a lo largo del tiempo.
- Otorgar instrumentos al estudiante de física para comprender la percepción del mundo en la cual se adscribe el estudio de esta producción científica: cuestiones filosóficas o de orden en el mundo. Y de esta misma manera cuestionarse la pertinencia de estas en su propio mercado cultural.
- Aportar elementos para realizar contrastes en la enseñanza y aprendizaje de quien se interese en las teorías modernas y sobre cómo estas se desplazan del discurso de la física clásica.
- Contribuir a la comprensión del estilo de pensamiento determinista-mecanicista propio de la época de Newton puesto que:

Las causas finales no deben ser parte de las explicaciones científicas. O sea que en la ciencia deberían rechazarse las explicaciones teleológicas [...] si se mira por ejemplo el proceso de un objeto que lo empuja y no hacia dónde va (Roldan, Ben-Dov & Guerrero, 2014, p.61) Basta con saber la situación actual para saber cualquier estado, es irrelevante pensar en cuál es el estado final de las cosas.

Durante nuestra formación como licenciados de Matemáticas y Física hemos tenido la necesidad de hacer múltiples experimentos; principalmente en los cuales tenemos la oportunidad de interactuar y percibir los sucesos con nuestros sentidos. Todo esto con el fin de comprender



conceptos científicos, diferentes fenómenos que ocurren en nuestro entorno y el comportamiento de los cuerpos en particular sujetos a diferentes situaciones específicas (cuando Oscar empuja a Yeferson o cuando Oscar intenta levantar algo del suelo o sostiene un objeto, dice que es fuerza). Conforme a esto, “todo el conocimiento científico se basa en los sentidos” (Schrödinger, 1956, p. 95). Si no desarrollamos la percepción no podemos darnos cuenta de las cosas (fenómenos físicos) que pasan y hacer un estudio profundo de estas; surge entonces la necesidad de revisar todos los conceptos involucrados por los cuales se llevan a cabo los procesos que de cierta manera describen el acontecimiento. Si bien los sentidos son un factor fundamental para construir al conocimiento científico, debemos pasar de las situaciones netamente fácticas y analizar los montajes experimentales o situaciones observables de lo cotidiano bajo el telar del razonamiento científico; pues es más óptimo sacar provecho de todas las cualidades sensoriales e intelectuales que poseemos como seres humanos. Con todo esto pretendemos destacar la importancia que cobra la experimentación como acercamiento sensorial en la enseñanza y el aprendizaje de los conceptos físicos, así como también las reflexiones y discusiones sobre cuál es el trasfondo científico que puede orientar o guiarnos en la comprensión de las situaciones observadas. Para este caso esta necesidad se ve centrada en las situaciones donde podamos considerar la presencia de interacciones entre objetos y variables, bajo el nombre de *fuerza*.

Complementando lo anterior y teniendo en cuenta nuestra formación, los textos han tenido un lugar sumamente importante. Carr (1991) alude a los documentos como el templo de los hechos. Desde la postura positivista sobre la historia donde el sujeto no tenía ninguna posibilidad a ninguna interpretación, ya que su valor radica en la precisión de los hechos (p.21). Pensamos acorde a esta postura que nos hemos dedicado a aceptar las teorías, tal cual las presentan los libros sin darle ninguna interpretación, porque parece ser que todavía estamos permeados por ver



al conocimiento científico como asunto incuestionable y estrictamente verídico. En nuestro desempeño como docentes en formación, en cuanto a la comprensión de los temas físicos que se tratan en los diferentes espacios educativos, todo se aprende de una manera memorística. Se pierde así la oportunidad de construir un conocimiento crítico, “porque todo lo escrito y publicado hasta el momento es verdadero, porque se ha comprobado o fundamentado, no hay un espacio para la duda y tampoco para la construcción de nuestros propios conceptos. Ejemplo de esto es cuando hacemos un experimento de física en métodos tradicionales esperamos predecir lo que sucederá, o por lo menos tenemos una noción de lo que esperamos que suceda. La experimentación para nosotros ha sido una herramienta para la validación de las diferentes teorías. Como herramienta para comprobar las teorías establecidas es muy eficiente la manera en la que hemos trabajado, pero consideramos que como componente para ampliar nuestras concepciones no es muy efectiva ya que nos quedamos enseñando y aprendiendo solo una teoría sin hacer las interpretaciones pertinentes del contexto en que fue creada.

Pensamos, que aquí es donde la educación empieza a fallar, ya que no tenemos una construcción estructurada de los conceptos como tal, a lo que Mach nos dice “los conceptos, fundados sobre hechos incompleta y superficialmente conocidos de oídas, se parecen a las construcciones carcomidas que se derrumban con la primer tormenta” (Mach. 1948, p. 114) esto es lo que pasa con nuestro conocimiento ya que solo nos quedamos con lo que nos dicen los libros de texto o lo que repite un profesor.

En lo que hemos construido, creemos que constantemente caemos en el error de asumir un suceso como un concepto. Cuando Oscar empuja a Yeferson dice que es fuerza, ¿Cuándo Oscar intenta levantar algo del suelo o sostiene un objeto habla de fuerza? Parece ser que empujar, levantar algo o sostener un objeto fuera concebido como *fuerza* en nuestras vidas. Conclusiones



aceleradas podrían indicarnos que la fuerza tiene que ver con un cambio en el estado inicial de los objetos. Sin embargo, para proceder con prudencia primero nos centramos en la relación que tendría la *fuerza* con el concepto de *objeto* que en nuestra opinión es un hipótesis a discutir y previa a discutir situaciones dinámicas más elaboradas. Entendamos donde pasa para ver cómo pasa; por ejemplo ¿si no hay objetos no podremos imaginar un entorno o espacio que asigne o impregne características dinámicas a determinadas coordenadas? Claramente hacemos alusión a la noción primaria que tenemos de *campo* que hemos mencionado en los estudios de fenómenos electromagnéticos y eléctricos. Creemos prudente examinar que opina Newton en estas situaciones. En otras palabras, ¿la *fuerza newtoniana* está ligada a los objetos, o se le atribuye a una propiedad de los objetos, espacio, distancia, momento de tiempo...qué finalmente genera un cambio en ellos? estos cuestionamientos los realizamos especulando desde nuestras construcciones hasta el momento, teniendo en cuenta lo que hemos escuchado y leído acerca de la fuerza en otros espacios previos a las reflexiones que nos posibilita la lectura de un escrito de primera fuente de divulgación científica.

Es necesario indagar sobre lo mencionado anteriormente que designaremos como nuestra *protoidea* propia del contexto colombiano en el aprendizaje magistral de la física. Si pensamos, de acuerdo con Fleck (1986) que “la protoidea es una idea vaga que a través de las épocas se va alimentado y puliendo hasta volverse más sólida y parte del común, y la pre idea es una transferencia de las vivencias y de los objetos a un material fácilmente moldeable y siempre disponible” (p.70). Nuestro propósito será nutrirla, alimentarla o cuestionarla con la referencia de un libro fundamental de la cultura científica e Isaac Newton titulado *Principios matemáticos de la filosofía natural*. Nuestro objetivo principal es revisar la descripción de fuerza y en qué momento se ve involucrado este concepto que nos ofrece Newton y la manera como lo trabajó



con el fin de contrastar y dialogar nuestras concepciones de fuerza. Así poder reflexionar a interrogantes como: ¿En qué consiste la fuerza desde su hilo argumental? ¿Es propia de los diferentes objetos? ¿Bajo qué condiciones hablamos de fuerza? puesto que es una de las competencias que trabajaremos en el aula como docentes.

Cuando la física se trata como una asignatura independiente nos vemos permeados en Colombia por estructuras de orden matemático, lógico y geométrico para la modelación de situaciones y darle orden a “nuestro mundo”. “imaginamos un mundo de cosas sólidas, y que este mundo está constituido de manera que cumple un cierto número de reglas; algunas llamadas axiomas, otras definiciones, otros postulados, y algunas admitidas en el curso de la demostración, pero todas basadas, de una forma u otra en los *Elementos de Geometría de Euclides*” (Clifford. W. 1985; p. 143). En primera instancia queremos resaltar que el libro de Newton (1687) nos ofrece una excelente escritura. En la mayoría de definiciones que nos presenta, hace alusión a un ejemplo, y esto nos ha ayudado a comprender todas las consideraciones que se hacen necesarias a la hora de estudiar la fuerza, como la relación con el objeto a analizar en particular y nos pone en contexto bajo a lo que se quiere referir.

Por otra parte muchas de las demostraciones son basadas en la geometría de Euclides, o la toma para ejemplificar, Newton constantemente construye gráficos y se vale de las matemáticas para describir sus hipótesis brindándole al lector una mejor comprensión (ver anexo 8.1). Podemos reafirmar la expresión citada anteriormente, esta es que gran parte de la física clásica fue basada en los trabajos de Newton. Esto nos hace comprender por qué dicho estilo de pensamiento proliferó y fue aceptado de una manera tan radical en su colectivo de pensamiento pues aunque toda la construcción de Newton (1687) se desarrolló en una serie de postulados, leyes y formulaciones estrictamente teóricas, dicha procedencia tenía buena coherencia con el





pensamiento determinista que guiaba el sistema racional y lógico de la época. Es decir, encajaba de manera directa con esquemas y percepciones euclidianas del espacio que ya en ese entonces y hoy en día han sido establecidas como paradigma en la enseñanza y aprendizaje de la física clásica.

Newton nos ofrece varias definiciones, donde aborda los conceptos principales sobre los que se fundamenta el análisis de los diferentes fenómenos y son base para poder describirlos como, cantidad de materia, cantidad de movimiento, fuerza ínsita y fuerza impresa, fuerza centrípeta; donde nos expone diversas propiedades de los cuerpos y su relación con el movimiento o alteraciones de su estado, sea movimiento o de reposo. Newton (1687) a lo largo de su obra habla de diferentes momentos en los que está presente una fuerza, ejemplo de esto es cuando menciona que: “Todos los cuerpos perseveran en su estado de reposo o de movimiento uniforme en línea recta, salvo que se vean forzados a cambiar ese estado por fuerzas impresas” (p. 41). Además de catalogar a esta en particulares como es el de la *fuerza centrípeta* presente en sistemas rotacionales, el aspecto principal es la relación que la fuerza tiene con el movimiento de los cuerpos. En este punto la experimentación gana su nombre como reflejo del constructo teórico de Newton (1687) en tanto la *fuerza* se relaciona estrechamente unas condiciones de movimiento, es decir, situaciones o dinámicas que pueden ser replicables y corroboradas en nuestro mundo cercano.

En nuestro contexto la experimentación no ha distorsionado mucho su significado. En las prácticas irreflexivas en la enseñanza y aprendizaje de las ciencias ha sido usada para validar teorías ya establecidas en prácticas tipo receta de cocina. Esto se debe a que dichas teorías ha sido tan fuertemente aceptada que aun en los centros de enseñanza, cuando realizamos una práctica experimental donde los resultados no fueran los esperados por la teoría, es la habilidad

del experimentador lo que se vuelve realmente cuestionable, pensamos que en este tipo de situaciones es pertinente desplazar las críticas sobre manipulación de instrumentos o situaciones controladas, y dar entrada a reflexiones y conversatorios donde se examine la discrepancia del resultado.

No es nuestra idea oponernos a los constructos de carácter teórico como los de Newton, de hecho, pensamos que constituyen un rol de vital importancia en los procesos de modelación y matematización de los fenómenos que sean de interés para una determinada población. Sin embargo, hemos sentido que dichos constructos no satisfacen a cabalidad las necesidades actuales de la educación en Física de los jóvenes colombianos. Son necesarias prácticas que al menos levemente se desplacen de laboratorios estrictamente metódicos que solo se limitan a la toma de datos irreflexivos. Por ejemplo, si estamos estudiando el concepto de fuerza, y tenemos la oportunidad de realizar una práctica de laboratorio que consiste en determinar experimentalmente cómo cambia la aceleración de un cuerpo cuando este es halado por otro agente; somos trabajadores del concepto de *fuerza* como interacción que se manifiesta en el cambio de movimiento. Si controlamos el cambio de ese movimiento, estamos ajustando y graduando la medida de la interacción; en otras palabras, deberíamos de ser capaces de medir esa *fuerza* por algún medio en relación con las propiedades físicas o de movimiento del cuerpo. ¿Por qué propiedades del cuerpo? porque no habría gran diferencia si aplicamos este mismo razonamiento a la situación donde por ejemplo cargamos una bolsa para que no continúe con su movimiento natural de caída. Podríamos dejarla caer suavemente, sostenerla o alzarla si nos es posible (podría no ser posible porque hay una característica del cuerpo que en ocasiones no me deja manipularlo fácilmente, es decir, “está muy pesado” como lo decimos normalmente). Pensemos también en una pelota lanzada, si su movimiento se ve perturbado debe considerarse



una interacción con agentes externos que imprimen *fuerzas* sobre ella, como la generada por la confrontación con el aire o su tendencia a caer a la tierra. Son este el tipo de reflexiones que pensamos son pertinentes en el aula y a las cuales hemos llegado nosotros por medio de discusiones.

Hasta el momento hemos indagado sobre el concepto de *fuerza*, y sus diferentes relaciones con objetos y fenómenos naturales desde una mirada netamente teórica. Y consideramos sumamente importante la articulación o relación que trae consigo con las demás ramas de las ciencias como las matemáticas, aunque ya hemos mencionado el uso que Newton le da para el desarrollo de sus teorías. A continuación, mostraremos como la fuerza es manejable y medible bajo las reglas de la aritmética convencional. Dichas reglas son:

1° dos objetos que respecto de esa propiedad sean lo mismo que un tercer objeto, sean lo mismo el uno que el otro; 2° por la adición sucesiva de objetos podamos construir una serie normal, un miembro de la cual sean lo mismo, respecto de la propiedad, que de cualquier otro objeto que deseamos medir; 3° iguales añadidos a iguales produzcan sumas iguales. (Campbell, 1986, p. 190)

Si dos objetos idénticos cambian de igual manera después de haber interactuado con ellos por separado, podemos decir que las dos fuerzas que fueron impresas de manera independiente en cada objeto son iguales. Seguidamente, las sumas de diferentes fuerzas impresas en un objeto simultáneamente son iguales a una resultante. Y finalmente, si las fuerzas impresas en dos objetos separados y de iguales características adicionamos fuerzas respectivamente iguales entre sí, el movimiento resultante (reflejo de esa fuerza impresa) para cada uno será idéntico.

Establecer un patrón de medida, y estudiarlo con la proporción que se brinda a nivel teórico



podría presentar en conjunto con la reflexión de estas reglas de medición, una gran oportunidad a nivel pedagógico y didáctico en la enseñanza de la física Newtoniana (1687). Recordemos que no nos referimos a esta bajo la categoría de adoctrinar a los estudiantes sino más bien a una física libre, cuestionable, que explore diversas teorías y opiniones; en donde se aprende (explorar) del error (por referirnos a obtener algo que no se esperaba) y no se le teme. Se pueden alcanzar estas competencias en el manejo de la lógica Newtoniana sin imponerla como una forma de pensamiento; motivemos el pensamiento crítico.

La relación matemática de fuerza se establece para Newton (1687) en proporción con la variación del *cambio de movimiento* respecto a un intervalo de tiempo. Matemáticamente (y en definición II de Newton) este *cambio de movimiento por unidad de tiempo* puede expresarse como variación de masa y velocidad conjuntamente respecto del tiempo. Es coherente pensar que la masa (una característica del cuerpo) y la aceleración (como evidencia del cambio del estado de movimiento del cuerpo en tanto varía la velocidad en el tiempo) están explícitas en una expresión de proporcionalidad con la fuerza (ver anexo 8.2), pues se vislumbraba desde las situaciones que planteamos para nuestros cuestionamientos sobre levantar, sostener o mover un cuerpo. Ya lo especificaba Lévy-Leblond (1988) cuando decía que “Es difícil encontrar un concepto físico que no esté indisolublemente asociado a uno o a varios conceptos matemáticos; por ejemplo, pensar en velocidad, hace necesaria la intervención de la derivada” (p.78). En pocas palabras, somos conscientes de que las matemáticas han contribuido rotundamente el desarrollo de las ciencias, sobre todo de la física; la mayoría de fenómenos físicos se han sustentado con esta, y los diferentes modelos han permitido predecir muchos fenómenos y teorías.

De acuerdo con Thom (1988) “Evidentemente, si existe algún dominio de la ciencia donde las matemáticas tienen aplicación es en la física” (p.140). Claramente se ve que varios autores



coinciden en que las matemáticas tienen una relación de mayor afinidad con la física que con las demás ciencias.

Hemos sentido que las concepciones y especulaciones que presentamos en un inicio entorno a la *fuerza* han sido enriquecidas por esta serie de reflexiones y en compañía de una actitud de cuestionamiento constante. Pero el camino es largo, después de todo hemos trabajado bajo la idea de que “la ciencia es un refinamiento del pensamiento de cada día” (Einstein. 1965; p. 99). Con este refinamiento de pensamiento buscamos establecer lo que trasciende en las manifestaciones de nuestra realidad, trabajando en términos de ideas universales o conceptos como trasfondo de las interacciones que nos posibilitan nuestros sentidos. Reiterar en la vivencia de estas experiencias desde diferentes dimensiones y analizando diferentes situaciones ayuda a constituir las bases de un concepto en tanto lo arraigan a la mente de quien estudia la física. No obstante, es necesario pasar de impresiones hasta sistemas de formalización teórica y abstracciones que permitan generalizar el comportamiento del mundo y den orden a las ideas armónicas que constituyen nuestra realidad física. No porque sean planteamientos verosímiles e inmutables sino porque constituyen la solución a las necesidades culturales que presenta nuestro contexto y motiva a las futuras generaciones a desincronizarse en mayor o menor medida de discursos dogmáticos para así generar nuevas protoideas, que eviten el estancamiento intelectual del pensamiento científico.

Estos objetivos que hemos mencionado son claramente disjuntos del facilismo que predomina en la profesión docente y es propio de quien adopta una postura crítica sobre el rol que desempeña la educación en la sociedad y busca destacar a sus estudiantes como sujetos activos en el desarrollo, elaboración y uso de montajes experimentales o acercamiento a unidades teóricas de la física. Esta motivación no es espontánea, ya se ha mencionado al respecto que:



Cualquiera de las perspectivas abiertas en las últimas décadas para la enseñanza de la física por la investigación en este campo exige la elaboración de otras formas de presentar la física, en particular de otro tipo de textos de física, en los que se desarrolle la forma de presentación que la perspectiva investigativa propone (Ayala. M. 2006; p. 27).

Por lo que se sugiere que hay una necesidad de pensar ¿Cómo se está asumiendo la experimentación y teoría en la enseñanza de la física? Incluso cabe la necesidad de un análisis no solo en el estudiante como un reproductor de datos y un manipulador puntual de los instrumentos de medición, sino que además se tome la relación estudiante-maestro como posibilidad de construcción de conocimiento y no solo como una relación unilateral en la que uno de los dos impone el quehacer en cuanto a nuestra interpretación del concepto de fuerza, logramos elaborar el proceso de construcción de este concepto en un diálogo con Newton (1687), pero pensamos que igualmente se debe hacer una contextualización sobre los múltiples conceptos nombrados en los libros de texto por la naturaleza científica que transmite en sus cortos y vacíos enunciados.

Este trabajo nos ayudó a ampliar nuestro concepto sobre *fuerza*, queda como invitación para nosotros mismos y para el lector, luchar intensamente por nuestro crecimiento intelectual como docentes y apasionados por la Física.

## 4. Marco Metodológico

### 4.1 Enfoque y tipo de estudio

Es importante mencionar que las reflexiones teóricas que se han trabajado anteriormente, dan paso a que este estudio tenga un enfoque cualitativo. Esto debido a sus interrogantes, los cuales permitieron una construcción de datos a partir de los procesos de recontextualización que se desarrollaron en el marco conceptual y en las actividades que tuvieron lugar gracias a este desarrollo conceptual de los procesos de recontextualización.

Ahora bien, cómo dar respuesta a la pregunta de investigación: ¿Cómo se caracterizan las contribuciones de la historia y epistemología de las ciencias en la Recontextualización de Saberes científicos para la formación del docente de Física, en interacción con los aportes de los estudiantes de 11° de la Institución Educativa Fe y alegría Nueva Generación del barrio Niquia?

Se encaminó el trabajo en dos apartados, uno sobre la caracterización de los procesos de recontextualización, que es una labor sumamente teórica basada en los procesos histórico-epistemológicos que tienen énfasis en las temáticas de energía, fuerza y refracción; y otro en la realización de actividades que nos permiten interpretar nuestra producción sobre los procesos de recontextualización a partir de su implementación en una institución educativa.

El método de investigación que se consideró más adecuado es el Etnográfico; sin embargo, se trabajó desde dos perspectivas no divergentes, una de Ghiso (1996), y otra desde Geertz (1992). Partiendo de esto, ambos tienen una visión cultural bastante fuerte y respetan principalmente la diversidad; pues el fin de una investigación cualitativa no es el consenso sino la diversidad. En los procesos de aproximación a la física de nosotros como docentes y de los alumnos y en los procesos de recontextualización anteriores, se dan reflexiones sobre defender las construcciones



que cada uno realiza en el aprendizaje de los conceptos. Tal como nos dice Atkinson y Hammersley citados en Ghiso (1996)

El uso y justificación de la etnografía está marcado por la diversidad antes que por el consenso. Más bien, hay que reconocer diferentes posiciones teóricas o epistemológicas, cada una de las cuales confirma una versión del trabajo etnográfico (p.5)

Es así, como este trabajo retoma cada una de nuestras perspectivas en los procesos de recontextualización, los cuales son diferentes tanto en bibliografía como en ideologías y perspectivas, enriqueciendo el carácter etnográfico de este trabajo. Además de permitirnos ver y estudiar las diferencias, nos da paso a la interpretación tanto de los estudiantes como de nosotros como maestros. Es aquí donde el maestro tiene un papel fundamental ya que puede ser visto como un etnógrafo desde el punto de vista de Geertz (1992)

Lo que en realidad encara al etnógrafo es una multiplicidad de estructuras conceptuales complejas, muchas de las cuales están superpuestas o enlazadas entre sí, estructuras que son al mismo tiempo extrañas, irregulares, no explícitas, y a las cuales el etnógrafo debe ingeniarse de alguna manera, para captarlas primero y para explicarlas después. (p.7)

De esta manera, la visión de Ghiso y Geertz, nos ayudan a fomentar los pilares metodológicos, ya que nos permiten estudiar la diversidad e interpretar las construcciones propias y de los otros que se van dando en los diferentes contextos, a medida que avanza la implementación de las actividades y la creación de los procesos de recontextualización.

## **4.2 Contexto**

Los procesos de recontextualización se enmarcaron en dos momentos, uno en el curso de Historia y Epistemología de la Física y la Matemática I donde se formaron y fueron creados en





su mayoría; y un segundo momento cuando retomamos los procesos como elementos que podían aportar significativamente a nuestro trabajo de investigación. Durante este segundo momento han sufrido diversos cambios que fueron necesarios para refinar la calidad, sin embargo, se conserva la esencia de cada proceso ya que fueron realizados con otros compañeros que no hacen parte de este trabajo de investigación.

El contexto donde se implementó la propuesta de intervención (conjunto de actividades), fue en la Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación del Municipio de Bello (Antioquia), con estudiantes pertenecientes al grado once, durante los dos últimos meses del año escolar 2017.

Las actividades se realizaron una con un grupo de 11 donde eran aproximadamente 35 estudiantes en subgrupos, y otra en la que se trabajó con 10 estudiantes que pertenecían al grado 11, algunos estuvieron en ambas actividades y otro solo en una de ellas. (Ver anexos)

En esta institución dos de los autores, realizaban las Prácticas Pedagógicas, por lo que se facilitó la obtención de permisos y datos. Se realizaron diferentes pruebas diagnósticas las cuales estaban enmarcadas en las diferentes actividades que se debían ejecutar según avanzaba el año escolar; es decir, se implementaron mientras se dictaban las clases de física en el grado once.

Además, se llevaron a cabo dos actividades correspondientes a los procesos de recontextualización, cada una con un espacio de socialización entre ellos (diálogo alumno-alumno) y de ellos con nosotros.

Vale aclarar que en su debido momento se pidieron los permisos tanto en la institución educativa, como a los estudiantes para realizar las actividades y documentarlas, en los anexos se verá el formulario que se creó para dichos permisos.

#### **4.3 Instrumentos de registro e intervención**



Los instrumentos y técnicas de registro de información de este trabajo, se encuentran enmarcados en pruebas diagnósticas realizadas durante el periodo de la práctica pedagógica (como parte del desarrollo del año escolar) de dos de las personas que aparecen en la portada, además, del diario de campo o diario del investigador en el cual se relatan sucesos que ocurrieron durante todo el año escolar 2017 y finalmente por el conjunto de actividades que se llevaron a cabo en los últimos dos meses del año escolar 2017 en la Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación del Municipio de Bello (Antioquia).

#### 4.3.1 Diario de campo

El diario de campo fue un instrumento fundamental en la identificación de una problemática, ya que nuestras experiencias y lo escrito en el diario de campo nos motivó a desarrollar esta investigación en compañía de las socializaciones que se hacían semanalmente en el seminario de la práctica pedagógica. Pues no consideramos que construir una imagen de ciencia acabada sea lo correcto, por lo que decidimos considerar modelos alternativos al modelo tradicional de enseñanza e intentar optar por formas de aproximación a las ciencias que pusieran en alto contraste la relevancia de la historia y la epistemología en la enseñanza y aprendizaje de la Física. Todo esto fue motivado por los Procesos de Recontextualización de Saberes que fueron pensados previamente al proyecto de investigación en otros espacios de formación.

#### 4.3.2 Propuesta de talleres o de actividades

La propuesta de intervención sobre los conceptos de fuerza, energía y refracción, constituye una alternativa para la enseñanza de estos conceptos en el aula de clase, pues el docente primero debe hacer un trabajo de indagación sobre el concepto y luego mediar dicho proceso con los estudiantes permitiéndoles una construcción propia del concepto, que pertenezca a su contexto.



A partir de los procesos de recontextualización y su influencia en nuestra perspectiva de ciencia se diseñaron unas actividades, en las que se ejecutaron una serie de debates (socializaciones) donde se pretendió destacar el aspecto dialéctico y sociocultural de los conceptos de interés. Además, se realizaron actividades experimentales de carácter exploratorio, donde el estudiante ejecutó análisis de condiciones fenomenológicas, apoyándose en sus conocimientos previos y los intereses que permean los estilos de los integrantes. Finalmente se documentó en audios, escritos, fotos y en el diario de campo las concepciones y testimonios que se lograron resaltar durante las actividades.

Ahora bien, promoviendo la discusión entre ellos se plantearon actividades para favorecer la construcción de conceptos haciendo uso de la experimentación y los debates grupales. Se realizaron 2 actividades cada una con un espacio de socialización, con un tiempo aproximado de 9 horas. Las actividades no corresponden estrictamente a los 3 conceptos de manera independiente (fuerza, energía y refracción), es decir, no hay una actividad por cada concepto, sino que existe una actividad para fuerza y una para refracción, ya que el proceso de recontextualización en torno a la energía se utilizó como ente transvevalizador entre los conceptos de refracción y fuerza, por su carácter filosófico y metafísico proveniente del pensamiento aristotélico.

La actividad 1, correspondiente a “levantar o sostener” hace referencia al concepto de fuerza, y tiene un énfasis en ordenar una serie de objetos establecidos por cada subgrupo teniendo como referencia su peso. Además, se realizan pregunta con objetos hipotéticos con el fin de problematizar todo tipo de objetos, teniendo en cuenta su volumen, peso y densidad. Además, durante la socialización se lograron obtener aportes filosóficos y metafísicos referidos a la energía. La actividad se realizó en un aula de clase con todos los estudiantes del grado 11-A en la



Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación del Municipio de Bello (Antioquia), y se dividieron en 7 subgrupos, en los cuales discutieron y consolidaron sus respuestas.

La actividad 2, se realizó con un grupo de 10 estudiantes del grado 11 en la Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación del Municipio de Bello (Antioquia). Esta actividad tuvo dos momentos experimentales con su respectiva socialización, dichos experimentos son:

Primer experimento, corresponden a un experimento denominado “¿El lápiz está quebrado?” en este experimento lo único que se hizo fue mostrarlo y pedirles que expliquen lo que sucedía. Sin embargo, en la discusión se realizaron preguntas que exigían la interpretación del experimento. Segundo experimento denominado “¿La luz se está regando?” nuevamente se pide que expliquen el experimento desde sus conocimientos, y que realicen variaciones a este, finalmente que comparen el experimento de la actividad 3 con el experimento de la actividad 5 y sustenten las diferencias y semejanzas de estos. Durante la socialización se lograron obtener aportes filosóficos y metafísicos correspondientes al pensamiento aristotélico y por ende a la energía.

A continuación, se muestra una tabla resumida de las actividades. Estas aparecen en los anexos de este trabajo.

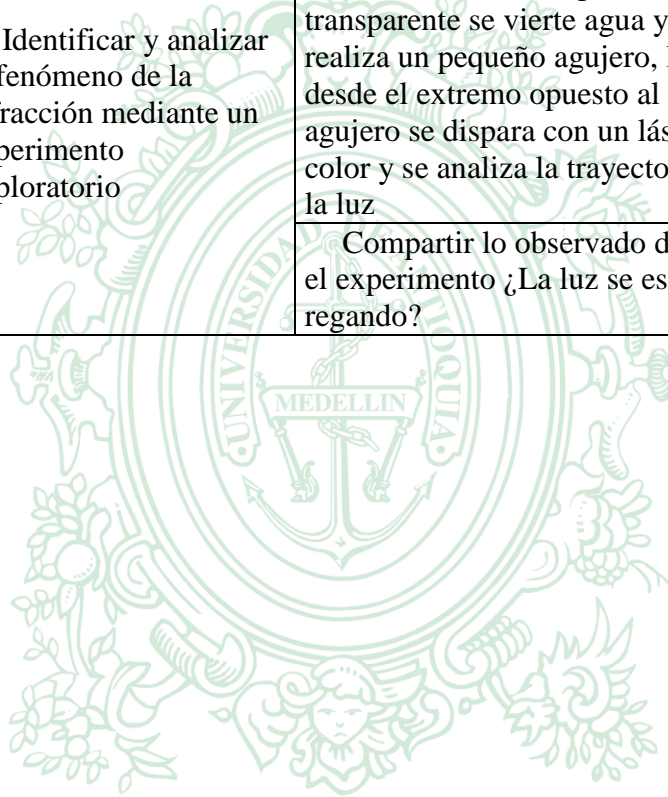


Tabla 4.1: Descripción general de las actividades que componen la propuesta de intervención.

Actividad	Partes	Objetivo	Descripción	Preguntas Clave
1. Fuerza	Taller Levantar o sostener	Dialogar con los diferentes grupos sobre lo que ocurría y de las posibles variaciones que se pueden llegar a tener	Con un grupo determinados de objetos que se encuentran fácilmente en un aula de clase responder un cuestionario, la actividad se llevó a cabo de manera grupal con varios subgrupos	¿Existe alguna relación entre fuerza y movimiento? ¿De qué manera nos vemos afectados por la fuerza y que tipo de fuerza efectuamos cuando nos movemos o caminamos, bajamos o subimos unas escaleras?
	Socialización, Levantar o sostener		Compartir lo obtenido durante el Taller Levantar o sostener	¿Cómo la Tierra nos puede sostener, cargar o levantar a todos? ¿Qué cuerpos crees que no puede sostener la Tierra? Hemos observado un movimiento similar para varios objetos ¿Cuál es este movimiento que es muy común ver por ejemplo cuando los soltamos? Sin embargo ¿hay objetos que no sigan este movimiento común para casi todos los objetos? Dado el caso, relacione las características de los objetos con el movimiento que percibimos en diferentes situaciones.
2. Refracción	Experimento ¿El lápiz está quebrado?	Interpretar las posibles variantes del experimento	Se muestra el experimento del lápiz dentro de un vaso con agua, y se pide que por favor expliquen qué sucede	¿Consideras que con otros líquidos será importante realizar el experimento?
	Socialización ¿El lápiz está quebrado?		Compartir lo observado durante el experimento ¿El lápiz está quebrado?	¿Qué pasaría si repetimos el experimento juntando líquidos que no se mezclan, tales como el agua y el aceite? ¿Qué sucede en el experimento y



<p>Experimento ¿La luz se está regando?</p>	<p>Identificar y analizar el fenómeno de la refracción mediante un experimento exploratorio</p>	<p>Se muestra un experimento donde en una botella plástica transparente se vierte agua y se le realiza un pequeño agujero, luego desde el extremo opuesto al agujero se dispara con un láser de color y se analiza la trayectoria de la luz</p>	<p>por qué? ¿Qué se movió la luz o el líquido?</p>
<p>Socialización, La luz se viaja de forma curvada</p>		<p>Compartir lo observado durante el experimento ¿La luz se está regando?</p>	



#### **4.4 Plan de Análisis**

Debido a que esta investigación es de carácter etnográfico desde Geertz (1992) y Ghiso (1996), quienes nos hacen referencia a la descripción densa y al carácter cultural de la investigación etnográfica, decidimos utilizar la descripción densa desde Elkana (1983) y el análisis de contenido desde Piñuel (2002). Ambos nos permiten analizar los procesos de recontextualización y la propuesta de intervención para crear lazos entre estos dos apartados, sin perder de vista la importancia de los procesos y de la implementación de las actividades.

##### 4.4.1 Análisis de Contenido

El análisis de contenido es una herramienta que nos ayudó con el análisis de datos ya que esta abarca procedimientos interpretativos de carácter cualitativo. Como en ambas partes de este trabajo se resalta la producción cualitativa consideramos que es pertinente y de gran importancia para el buen desarrollo del mismo. Piñuel (2002) nos define el análisis de contenido como:

“Se suele llamar análisis de contenido al conjunto de procedimientos interpretativos de productos comunicativos (mensajes, textos o discursos) que proceden de procesos singulares de comunicación previamente registrados, y que, basados en técnicas de medida, a veces cuantitativas (estadísticas basadas en el recuento de unidades), a veces cualitativas (lógicas basadas en la combinación de categorías) tienen por objeto elaborar y procesar datos relevantes sobre las condiciones mismas en que se han producido aquellos textos, o sobre las condiciones que puedan darse para su empleo posterior.” (p.1)

De lo anterior podemos resaltar la importancia del contexto, pues es indudable que la producción científica no tenga un contexto el cual también debe ser comprendido al momento de analizar dicha producción. Además, el análisis de contenido se remite a técnicas para registrar,



elaborar y tratar datos más allá del ámbito cognitivo y social, en donde se recurre a la comunicación y a la producción de textos. (Piñuel, 2002, p.3)

Asimismo, de permitirnos analizar el contexto y sus producciones, también se convierte en una empresa de revelación de la expresión, donde ante todo hay un interés por indagar sobre lo escondido, lo no aparente, no inédito de cada mensaje, escrito, comunicar dada. (Bardin, citado en Piñuel, 2002, p.4)

Ahora bien, Desde Piñuel (2002) un análisis de contenido incluiría necesariamente los siguientes pasos: (p.7)

a) selección de la comunicación que será estudiada; ya que no podemos analizar de la misma forma una conversación grupal a una conversación de pareja, por lo que se hace indispensable realizar tal selección.

b) selección de las categorías que se utilizarán; que consiste en delimitar el objeto de estudio o la muestra y distribuirlo en categorías, lo cual nos permite guiarnos para no tener información extra o sobrante en nuestros análisis.

c) selección de las unidades de análisis; permitiendo un filtro más efectivo a lo que se quiere analizar.

d) selección del sistema de recuento o de medida; consiste en elegir un parámetro del análisis de contenido que para este caso es de carácter cualitativo por medio de la descripción densa y del mismo análisis de contenido.

Donde estos elementos nos ayudaran a entender la lectura de los procesos de recontextualización, pues, estos deben de ser analizados y estos pasos que nos muestra Piñuel serán muy acogidos al momento de realizar el análisis de los procesos.



La descripción densa es una herramienta de análisis bastante contundente tal como dice Elkana (1983) “La descripción densa supone acabar con la falsa distinción filosófica entre el lenguaje de observación y el lenguaje teórico” (p.5) puesto que intenta eliminar esa línea entre la teoría y la observación por medio de grandes descripciones tanto sociales y culturales de un registro de información (documento, foto, audio, texto, encuestas, etc.) unificando lo observable con la teoría. Además, como nos dice Gallego (s.f).

“La descripción densa en la historia de las ciencias, puede entenderse como la superposición de las estructuras conceptuales, en donde establecer la fuente primaria depende del contexto y establecer qué fuente de conocimiento se considera como legítima en una cultura dada, así mismo como en una época y un lugar dados depende nuevamente de las imágenes del conocimiento definido socialmente.” (p.5).

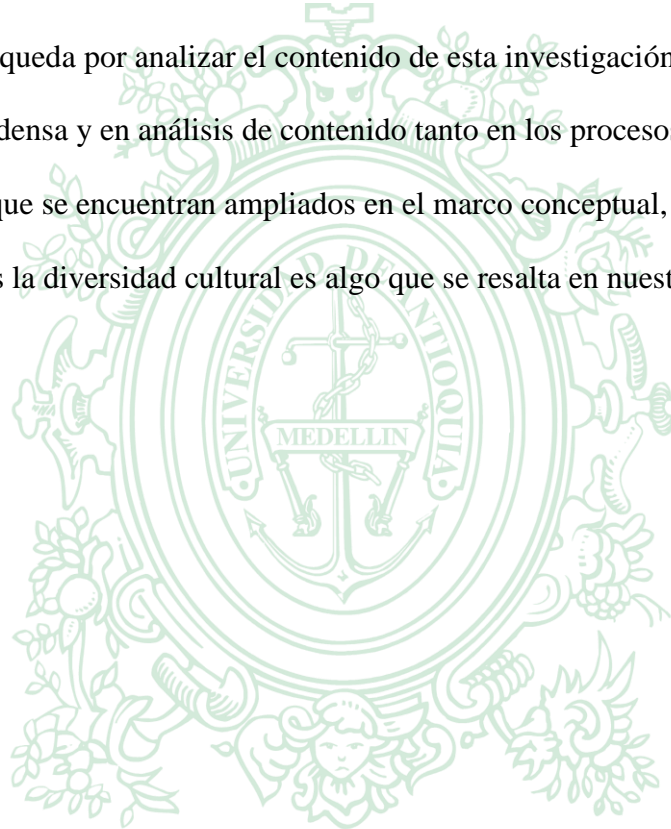
Es decir, es indispensable tener en cuenta el contexto, la cultura, la época al momento de realizar una descripción densa. Describir y conocer estos aspectos son los que nos permiten hablar de una descripción densa como tal ya que cada grupo o colectivo de pensamiento puede generar o establecer una fuente primaria de conocimiento y justamente eso es lo que ocurre en los procesos de recontextualización y en la ejecución de la propuesta de intervención.

Es aquí donde nosotros como investigadores debemos tener en cuenta una multiplicidad de estructuras conceptuales en ciencia, que generalmente son superpuestas unas a otras, ya que algunas hacen parte del conocimiento científico y otras son de orden metodológico y/o epistemológico. (p.5) Gallego (s.f). Que nos permiten formular problemas, y ubicar fenómenos, como nos dice Elkana (1983):



“[...] demarcar lo que parece evidente por sí mismo de lo que parece asombroso, escoger y observar los movimientos, cambios, procesos, dimensiones, colores [...], mostrar las conexiones entre fenómenos que hasta entonces se habían considerado independientes o alejados, reducir un fenómeno a otro, describir sus experimentos.” (p.5).

Así pues, en la búsqueda por analizar el contenido de esta investigación, proponemos que se utilice la descripción densa y en análisis de contenido tanto en los procesos de recontextualización, que se encuentran ampliados en el marco conceptual, como en la propuesta de investigación, pues la diversidad cultural es algo que se resalta en nuestra metodología.



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3

## 5. Hallazgos

### 5.1 Caracterización de los procesos de recontextualización de saberes científicos en física.

Comúnmente los procesos de análisis investigativo son centrados en el desempeño y cambios que experimentó el cuerpo estudiantil. No obstante, en esta caracterización resaltamos las categorías o características de nuestra práctica educativa de 1 año como docentes en formación que tuvieron gran impacto en nuestros sentimientos, construcciones del conocimiento y las oportunidades que visualizamos en la enseñanza y aprendizaje de la física, todo esto en términos de experiencias significativas o de enriquecimiento en nuestro razonamiento

El motivo de este capítulo está guiado para destacar las diferentes oportunidades y logros de nuestro aprendizaje como docentes de física. y participantes de este proyecto de investigación. Al mismo tiempo este proceder es dado por la naturaleza que presentan los Procesos de Recontextualización de Saberes Científicos en Física, que buscan generar cambios en el docente de Física y reflexionar en todo momento sobre los cambios que genera en nosotros mismos ser líderes en la construcción del conocimiento Físico.

En la elaboración de nuestros procesos de Recontextualización de Saberes tomamos como propósito el cambio sobre nuestra perspectiva de ciencia y cambiar los cánones tradicionales que predominaban en nosotros cuando pensamos en interactuar con los estudiantes en su formación en la Física. Así pues, la elaboración de nuestra propuesta de intervención se vio guiada por las reflexiones que tuvimos en la realización de estos procesos de Recontextualización con los conceptos de energía, refracción y fuerza. Sin embargo, pasamos de considerar impartir cátedras sobre el pensamiento Aristotélico, Newtoniano o de Huygens hacía pensar propuestas que motivaran el diálogo entre los sujetos del acto educativo con pensamientos plasmados en textos

fundamentales de la cultura científica y no volvernos a encasillar en una actitud de contemplación de textos.

Con el fin de no fraccionar el conocimiento científico y contribuir con el diálogo intelectual y crítico que buscábamos con estos Procesos de Recontextualización de Saberes Científicos, buscamos en nuestras reflexiones sobre el pensamiento aristotélico (como reflexiones metafísicas sobre orden y armonía en la construcción de nuestra realidad) un punto de conexión sobre el carácter reflexivo y cuestionamiento que guiaran los debates y socializaciones en el aula. Preguntas por el por qué, cómo y explique en tanto a la percepción que tenemos de la realidad, guiaron las discusiones según los fenómenos que observamos y los casos en las cuales podemos construir los conceptos de Fuerza y Refracción.

En pocas palabras, la siguiente caracterización pretende poner en evidencia las reflexiones y múltiples interpretaciones que hemos realizado al enlazar nuestros procesos de Recontextualización de Saberes Científicos con experiencias en las aulas de clase. Esto en función de las repercusiones, hallazgos, logros y oportunidades que presentan en diferentes dimensiones o categorías de nuestra formación como docentes de física.

#### 5.1.1 Aportes de la historia y la epistemología hacia la práctica educativa desde la recontextualización de saberes científicos en física.

Observar la enseñanza de la Física como una compilado memorístico de fórmulas y ejercicios situación para la preparación para exámenes de estado tipo ICFES no depara más que una actitud desinteresada y una serie de inseguridades en el docente de física en el aula que lo orillan a realizar sus clases con métodos magistrales.

Reflexionar sobre la perspectiva desde la cual queremos acercarnos nosotros al conocimiento, cómo lideramos estos procesos de construcción en el aula, el rescate de argumentos en el estudio histórico-crítico de documentos esenciales de divulgación científica, entre otros aspectos;



constituyó una serie de oportunidades permitidas por la elaboración de los Procesos de Recontextualización en Física. Estos influenciaron de manera directa la forma en la que nos comportamos como docentes de Física ante los estudiantes en tanto replanteamos si las dinámicas de aprendizaje y enseñanza de la Física tienen coherencia con la ciencia a lo largo de la historia. Surgieron cuestionamientos sobre si debemos acercarnos a la ciencia como un compilado de definiciones. O, por otro lado, como una serie aproximaciones sensoriales y atractivas que motiven la capacidad de razonamiento y crítica en los estudiantes y el docente. Hecho que pensamos es la piedra angular en los aportes desde la historia y la epistemología hacia el acercamiento de las nuevas generaciones a la ciencia.

Encontramos en la elaboración de estos Procesos de Recontextualización una vía de aproximación científica para abordar una teoría con nuestros alumnos, pues nos hace sentir mejor preparados para afrontar dinámicas donde se critica todo aquello que se está aprendiendo más allá de un libro de texto. Todo esto porque precisamente como docentes abandonamos los prejuicios de tener que saberlo todo, situación que también nos motiva a seguir aprendiendo en todo momento y permea las sesiones de clase con un ambiente más ameno donde los estudiantes pierden el miedo a la participación, la crítica y visualiza lo inesperado como nuevas oportunidades de aprendizaje. Claramente esto nos permite como docentes visualizar nuestros puntos a mejorar. Además, percibimos a los estudiantes más cómodos y felices con estas formas de interacción a lo largo del año escolar, pues los libero, al igual que nosotros, de la mayoría de tensiones sin sacrificar el desarrollo de las competencias o rendimiento en evaluaciones escritas, pues las situaciones que experimentan en el aula se arraigan a ellos como anécdotas o momentos de gran inquietud y emoción, fáciles de recordar y reconsiderar en etapas posteriores. Evidencias de esto se registran en nuestros diarios de campo, donde relatamos como los debates sobre la

naturaleza de la luz (¿es onda o es partícula?) generaron discusiones y comentarios que los estudiantes recordaron con alegría y donde se apropiaban de los argumentos que ellos mencionaban y los de sus compañeros (ver anexo 8.6)

Rendir cuentas al carácter histórico-crítico de las ciencias empieza cuando nos percatamos de las insuficiencias que estamos presentando en términos de desempeño laboral a la hora de enfrentarnos a la enseñanza de las ciencias. Como docentes, constantemente realizamos críticas a los modelos de los sistemas educativos entorno a las dificultades que presentan las poblaciones estudiantiles, o las sensaciones que experimentamos al ejercer nuestro rol docente. Es decir, requerimos y exigimos vías y métodos para solucionar las necesidades que visualizamos en nuestro contexto. Cuando nos aproximamos al entorno educativo podemos ir con una serie de propuestas que según como avance el tiempo estarán sujetas a cambios, no podemos mostrarnos inflexibles y desinteresados frente a actitudes de desagrado y estrés excesivo por métodos magistrales de enseñanza de la física, que solo aportan preocupaciones a los estudiantes. Los docentes no somos seres fríos e imparciales. Concientizándonos de esto en el aula, hemos podido hacer uso de la historia de la ciencia pasando por relatar surgimiento de teorías en calidad de anécdotas para llamar la atención de los estudiantes y aligerar el ambiente, plantear debates en el aula sobre puntos controversiales de la física, plantear necesidades para la resolución de un problema que justifica el uso de nuevas temáticas y el planteamiento de montajes experimentales (virtuales o físicos) que motiven la apropiación de los conceptos. En pocas palabras, el uso de la historia como un rescate de argumentos en las explicaciones y acercamiento a los fenómenos y teorías científicas y como fundamento para la elaboración de propuestas didácticas en el aula.

Estos usos los facilita y promueve el diálogo en un proceso de Recontextualización de Saberes, en tanto nos permitió conocer particularidades en la producción científica de



determinadas teorías o constitución de conceptos, e interiorizó las reflexiones y flexibilidad para comprender, debatir y ser recursivos; todo esto en torno al aprendizaje de la física y como nos aproximamos a la perspectiva de uno o varios científicos.

Así pues, el cuestionamiento y planteamiento constante de interrogantes es propio de los docentes que realizamos procesos de Recontextualización y damos orden metodológico a nuestra profesión con ayuda de estos. Buscamos en todo momento desarrollar y fortalecer una actitud crítica en el estudio de la física, preguntando por características de diversa índole sobre la aproximación y la naturaleza que manifiesta un concepto a la hora de estudiarlo. En este proceso de incesante cuestionamiento no es extraño que cambiemos (y lo hicimos como se ilustra en nuestros procesos de Recontextualización) varias veces las preguntas planteadas en un inicio, puesto que en la medida que profundizamos y realizamos nuestras reflexiones sobre un contenido, nuevas interrogantes y necesidades sobre vacíos conceptuales o metodológicos son perceptibles a la mente. Todo esto en función del y pasión que descubrimos en nosotros mismos por determinadas dimensiones del conocimiento. Es menester recordar que estos medios de aproximación a la ciencia han sido reinterpretados y ubicados en un ambiente dinámico donde podemos dialogar con otros campos del conocimiento o particularidades culturales en diferentes momentos de la historia.

Cuando realizamos nuestros procesos de recontextualización uno de los puntos en los que estábamos de acuerdo en un principio era motivar la enseñanza de las ciencias con metodologías que fomentan el pensamiento crítico. Lograr así que nos dejaran de mirar como aquellos que todo lo saben. Sin embargo, cuando realizamos nuestro propio acercamiento a textos de primera fuente de la cultura científica nos era extremadamente difícil dar a entender nuestro punto de vida más allá de postrarnos a aceptar lo que nos planteaba un autor.



Motivar el uso de la historia y la epistemología desde la recontextualización de saberes, tiene como materia prima la relación dialéctica con el autor central y los autores de apoyo con los que nos estemos inmiscuyendo. No es apropiado interpretar la elaboración de un proceso de Recontextualización de Saberes como relatar lo que dice un autor en diferentes términos; realizar un compilado de reflexiones en torno a la imagen de la ciencia y luego hacer uso de un autor para relatar que dice sobre un concepto físico en particular conservando una voz pasiva.

La elaboración de un Proceso de Recontextualización de Saberes además de permitir reflexionar sobre los vacíos epistemológicos que se presenta normalmente en el manejo de un concepto, permite integrar en el docente una auto percepción como un ser capaz de construir ciencia. El proceso de Recontextualización de Saberes se fundamenta como diálogo entre iguales y no permite que el docente (o recontextualizador) se postre ante una élite científica considerando que existen escritos verídicos, supremos y definitivos.

Como ya lo habíamos mencionado, el desarrollo del docente en el aula está en función de la perspectiva que este posee de ciencia más allá de tácticas que despierten la atención del estudiante porque se relacionan con su entorno. La Recontextualización de Saberes fomentó en nosotros una actitud de constante indagación que no sobrevalora estratos del conocimiento, de manera que la relación con textos científicos o relación docente alumno no se vea truncada por posiciones de superioridad que impidan el diálogo entre opiniones y conceptos. Se trata de contribuir a formarse con ayuda de líderes científicos (docentes de las ciencias, científicos de renombre o comunidades científicas) y no con los mandatos de jefes o elites científicas.



5.1.2 La experimentación y lo sensorial en la formación del maestro de ciencias: una vía para fomentar la construcción de hombres y mujeres de ciencia en el aula.

Llegar a clase bajo las imposiciones de los métodos tradicionales ante un nuevo grupo que muestra desagrado por las clases de tipo magistral, adicionados con las inseguridades que normalmente nos agobien como docentes en formación no es la mejor combinación para liderar procesos de construcción de conocimiento científico en las nuevas generaciones.

En nuestra experiencia pudimos observar que los estudiantes y nosotros mismos nos veíamos emocionados y atentos por actividades que nos permitieran usar nuestros sentidos para explorar y manipular instrumentos. Es decir, donde las reflexiones fueran motivadas por montajes experimentales que daban margen a la exploración y aventurarse a lo desconocido, o en situaciones donde se les solicitaba crear nuevos montajes y socializar los resultados obtenidos y las hipótesis que tenían sobre lo sucedido.

Las variaciones en resultados e interpretaciones que no tengan cabida por su extrema discrepancia en la resolución de problemas aritméticos, algebraicos, geométricos (euclidianos) y de física clásicos, sistemas de convenciones, etc. Deben de ser reorientados por parte de nosotros, el cuerpo docente, pero no bajo el telar de verdad absoluta, sino bajo la aclaración de que se pretende un determinado manejo en una corriente teórico-científica determinada. Todo esto haciendo uso de las divergencias de opiniones se crean discusiones y debates, para profundizar en la teoría y recurrir a montajes experimentales para explorar otras opciones que permitan analizar nuevos resultados.

Como docentes no estuvimos exentos de este agrado por las actividades experimentales y de las opciones que estas actividades representan, por lo cual destacamos que el docente que busca liderar procesos de construcción de vínculos cercano entre los conceptos físicos y la mente del estudiante, indaga y reflexiona sobre cómo abordar la abstracción de un concepto con



representaciones sensoriales en nuestro mundo cercano y cuál ha sido el desarrollo histórico que ha llevado a interpretar algunos fenómenos como la existencia de construcciones teóricas que pueden llegar a tener trascendencia matemática. No debe olvidarse que el pensamiento científico y la ciencia pretenden comprender las ideas universales que explican los fenómenos naturales. Los docentes de física que realizamos procesos de Recontextualización de Saberes y demos importancia al valor epistemológico de las ciencias, indagaremos en procesos bien ordenados que permitan ir de lo experimental a las representaciones más abstractas. En pocas palabras, consideramos necesario apelar a la experiencia intuitiva o evidente para el estudio de un concepto, puesto que es aquella en la que las cosas se muestran de la manera más originaria o patente para poder considerar posteriormente procesos de abstracción escalonados.

Lo que pretendemos resaltar como docentes en la elaboración de procesos de Recontextualización de Saberes en Física son muy diversas y todas son igualmente respetables y a la vez sujetas de ser cuestionadas. En este punto pretendemos destacar sobre todo que dichos procesos motivan la interacción entre los procesos de construcción de conocimiento científico de varias personas.

También nos permitimos destacar las diferentes formas de abstracción que pueden presentarse o idearse bajo la visualización de una misma situación o fenómeno (montaje experimental) y que incógnitas solucionan, y reflejar de esto en la práctica educativa a través de actividades experimentales que fomenten la participación del alumno, más allá de clases magistrales o experimentos excesivamente guiados o tipo receta de cocina, donde solo se sigue una serie de pasos de manera mecánica.

Por lo tanto, el docente sujeto a realizar procesos de recontextualización e interesado en hacer uso de la experimentación en la enseñanza de las ciencias, buscará en Mostrar o evidenciar

interpretaciones alternas para un determinado fenómeno y su relevancia para la sociedad científica actual y qué rasgos o dimensiones son rescatables. De manera que se destaque ante el alumno la diversidad de interpretaciones en la comprensión de los fenómenos. Además, Respetara la multiplicidad de interpretaciones que se puedan dar en los procesos de aprendizaje, cuidando ante todo el desarrollo de competencias básicas en el dominio de determinadas y bien planeadas líneas del conocimiento científico.

### 5.1.3 La construcción de una percepción del mundo.

Hemos mencionado de manera recurrente que la ciencia como construcción propia y crítica es una ventaja que se motiva con una práctica inspirada donde intervinieron los procesos de recontextualización para generar reflexiones sobre su propia percepción de ciencia y profundización de un concepto, Pero ¿Qué autor se prioriza en la construcción de cada concepto? ¿los más modernos? un tradicionalista de las ciencias diría que sí, en tanto es el pensamiento más refinado y menos plagado errores que podríamos encontrar. Sin embargo, despreciar por completo teorías alternativas que se implementaron como paradigmas en otras épocas científicas, no es muy acorde con los métodos de estudios crítico de la ciencia que fueron materia prima de este proyecto de investigación.

No se trata de estudiar teorías descartadas o desplazadas y suponer que aún siguen siendo aplicables en totalidad aun cuando sabemos que no se ajustan a las necesidades actuales de nuestro contexto. Se trata de motivar mediante procesos de Recontextualización la nuestra propia construcción de la realidad o percepción del mundo, concientizándonos del espacio en el cual asumimos que se desenvuelven los fenómenos, los principios metafísicos que particularizan nuestra realidad según las construcciones que sucesivas de conceptos científicos

Esta categoría fue ampliamente motivada cuando realizamos nuestro acercamiento al pensamiento aristotélico en el desarrollo de situaciones energéticas desde nuestro proceso de recontextualización presentado en el marco teórico. Pensamos constantemente en los aportes rescatables que podíamos extraer de este tipo de lecturas, que ciertamente en cuestión de forma y contenido era radicalmente distinto a producciones posteriores a los años 1600. A medida que dialogamos con estos ideales, disfrutamos en gran medida la dimensión metafísica que se veía dilucidada ante la presentación de la Física como serie de principios filosóficos que dan orden y armonía al universo, destacaban además la teleología en la forma de pensamiento que fue desplazada del razonamiento científico con la llegada del determinismo mecanicista posterior al siglo XV; Los trabajos de Huygens sobre la existencia del éter como el elemento respecto del cual deberían medirse todos los movimientos, o las consideraciones de Newton sobre la necesidad de un punto material que genere o imprima fuerza, también se comprende en estos pensamientos sobre el desarrollo de propia percepción del mundo.

Es característica y propósito del docente que se propone a realizar un Proceso de Recontextualización de Saberes aterrizar y explorar entre las dimensiones de análisis y que contribuyen al desarrollo de la percepción del mundo desde un determinado autor: la filosofía, la metafísica, las representaciones matemáticas y procesos de matematización en la ciencia se tratan en pie de igualdad y son pensados en términos de los aportes que son rescatables en nuestra práctica educativa aun cuando se trata de teorías que hoy han sido desplazadas por otras, ya sea como vía para explorar por contraste aspectos de teorías aceptadas actualmente, o aspectos que se conservan en nuestros estudios actuales (que pasamos por alto) y son sujetos a ser considerados para apropiarse aún más de los conceptos.



## **5.2 Análisis interpretativo sobre la influencia de los procesos de recontextualización en las propuestas de intervención y sus resultados**

### 5.2.1 La interacción del experimentador con situaciones donde se imprimen o aplican fuerzas en los cuerpos.

Interpretamos que en la perspectiva de Newton los análisis geométricos se trabajan bajo la noción de punto material, queriéndose referir a esto como la representación que pueden gozar los cuerpos como entidades puntuales y que no requieren de espacio, pero a las que igualmente puede atribuírseles valor numérico a su masa. De esta forma, se puede analizar con mayor facilidad la situación bajo la cual pueden interactuar las fuerzas impresas en los objetos.

Sin embargo, en el taller levantar o sostener, se planteó como punto de discusión el rol que juega el experimentador a la hora de imprimir o ejercer dichas fuerzas sobre diferentes objetos que en la realidad no son perceptibles de manera directa como *puntos* ¿Acaso las dimensiones de un cuerpo son un asunto irrelevante para el análisis de este tipo de situaciones donde normalmente aplicamos las leyes del movimiento de Newton de manera indiscriminada (ya las conocían por lecciones del año escolar anterior)? Se propuso a los estudiantes catalogar 14 objetos por el orden de dificultad que presentaban al cargarlos, justificando en todo momento por qué le asignaban un determinado lugar en la lista, posteriormente debían escoger otros 6 objetos y anexarlos a la misma lista de orden dificultad.

Las discusiones y debates que se habían vuelto características en las dinámicas de las clases a lo largo del año escolar en tanto se motivaban en todo momento, no tardaron en aparecer:

-Todo es relativo de la cantidad y el tamaño”. (estudiante discutiendo sobre la facilidad de levantar los objetos. Taller Levantar o Sostener) [...] Todas las medidas de peso fueron basadas en suposiciones sobre los objetos y la cantidad de los mismos, no tomamos en cuenta tamaño, cantidad, tipo de material trabajamos con los objetos a nuestra disposición,



Facultad de Educación

aclaremos la relatividad del experimento [En este punto los estudiantes están justificando el peso de los materiales de trabajo que tienen a su disposición; Entre todos construyen la respuesta. Taller levantar o sostener] (anexo 8.4.3 audio 2).

Cuando los estudiantes trataron de dar respuesta a la pregunta ¿Existirá algún momento en que por ejemplo el algodón sea más difícil de levantar o sostener que una roca?

Mencionaron que

“dependiendo del tamaño y peso de la roca (Estudiante 2) \_ si el algodón se moja queda más pesado (Estudiante 4)” (02:01) [] (anexo 8.4.3 audio 4).

Ciertamente comenzaron a percibir por vías que la interacción con ciertos materiales podía tornarse dificultosa en función de las dimensiones que presenta el objeto, y la vía que utilizaran para cargarlo o levantarlo. En esta medida comenzaban a argumentar que el concepto de *punto material* para tratar situaciones donde la *fuerza* era fundamental no era viable en un 100%. El experimentador tenía que manipular los instrumentos y distribuir los lugares en los cuales imprimía la fuerza, tener en cuenta el tamaño y reflexionar que las características del material no eran irrelevantes en el mundo real, punto de vista que se contrapone con Newton en el desarrollo de su propuesta y presenta una voz propia del aprendizaje de los estudiantes. Aunque no se abordó en mayor medida, el planteamiento de estas problemáticas presentaba la posibilidad de trabajar la necesidad de nuevos conceptos que tuvieran en cuenta esta distribución de la fuerza (el esfuerzo) o situaciones donde el volumen presenta relaciones con fuerza impresas (fuerzas de empuje, por ejemplo).

En determinado punto, comienzan a escucharse afirmaciones como “El peso de las cosas depende de su forma, volumen, y materiales de lo que está compuesto”. [En este punto los estudiantes hacen la comparación de dos bloques de madera de diferente tamaño. Taller Levantar

o Sostener] (Estudiante 1, anexo 8.4.3 audio 2) que para el docente convencional de física pueden sonar arriesgadas y sinónimo de equivocaciones por parte del estudiante, en tanto desde el trato frío y mecánico que se les da a las leyes del movimiento de Newton en el nivel de bachillerato, mencionar conceptos diferentes al de masa y aceleración es una equivocación.

No obstante, este comentario permitió la intervención de nosotros como docentes solicitando al estudiante en qué se justificaba para dicha afirmación. El estudiante se muestra desconcertado y siente haberse equivocado, rápidamente opta por decir que no sabe nada, y duda de aquello que acaba de decir basado netamente en aquello que sintió. Lo que ilustra ansiedad por el tradicionalismo de pensar que el maestro (como aquel que lo sabe todo en el aula) lo está cuestionando, desviando así su interés por aprender hacia no equivocarse.

Como ayuda se les sugiere pasar a la siguiente actividad donde los mismos objetos deben de ser colgados de resortes de igual tipo, un instrumento que replantea sus conclusiones pasa a reconsiderar el orden que habían dado a la lista de objetos y cuestionar la veracidad de la afirmación del *estudiante 1* y el orden que atribuyeron a los otros objetos.

Inmediatamente relacionan la elongación del resorte como sinónimo de “*más o menos pesado*” y cuando el *estudiante 1* realiza esta práctica en compañía de su grupo de trabajo evidencia que el tamaño puede ser una vía de acercamiento al concepto de peso en tanto se refiera a objetos de igual material, y que este argumento no es válido cuando por ejemplo compara más algodón en tamaño, con su celular. Es decir, el estudiante al mencionar las variables del peso: forma, volumen y material. Dedujo con su mesa de trabajo que, si se tiene la misma forma y el mismo volumen, el peso viene determinado por el material, constatando que otras variables pueden considerarse en el estudio del peso de los objetos.

Aun en situaciones donde las hipótesis pueden sonar axiomáticas, los estudiantes comienzan a presentar una actitud de constante cuestionamiento sobre aquello que percibieron y los métodos por los cuales pudieron llegar a conclusiones colectivas. También realizan declaración sobre cómo varían los resultados dado que el experimentador o el instrumento que pesa fuera distinto al mencionar que “depende de cuantos compañeros necesitemos para levantarlo”(ver anexo 8.4.3 audio 4 párrafo 5) Todo esto, como resultado de motivar aprendizajes que tengan impacto en sus sentidos y en ambientes donde pueden debatir, Así pues, se presentan hallazgos que perciben la ciencia como una construcción social y no como una serie de fórmulas que les dictan situaciones que les son ajenas o inverificable, en comentarios como “[...]cójalo, levántelo para que vea usted mismo, no podemos lanzar hipótesis sobre aquello que no estamos experimentado”[socializa y cuestiona resultado mediante la verificación y ensayo] o “necesitamos un resorte ideal con un medidor muy sensible” [busca medios alternativos para corroborar las medidas](ver Anexo 8.4.3, audio 2 párrafos 2 y 3; audio 3 párrafo 1)

Así pues, la dinámica exploratoria de estas actividades experimentales permitió a los estudiantes comprobar o desechar sus hipótesis sobre cómo sus sentidos y la forma en la que interactúa con conceptos científicos. Y como la interacción que sufre un experimentador con los fenómenos siempre incide en la interpretación del resultado. Además, con las apreciaciones de las estudiantes mencionadas anteriormente también se muestra un interés en plantear cuestionamientos si las variables del experimento cambiaban, antes de arriesgarse a lanzar conclusiones que fueran aceptadas por la mayoría. Todo esto se da en un ambiente que lo motiva y disminuye sus niveles de ansiedad hacia la equivocación en la clase de Física, y lo invita a reflexionar sobre el lugar que ellos mismos adoptan en la interacción con la realidad,





desplazando sus intereses hacia como divulgar sus hallazgos con sus compañeros y dar orden a el porqué de aquello que ha observado (la construcción de su percepción del mundo).

Finalmente, de todo lo anterior interpretamos que deja de adoptar una actitud pasiva ante lo que otros científicos plantearon en sus colectivos de pensamiento y se da lugar a sí mismo como constructor de ciencia y el lugar que representan sus percepciones con aquello que experimenta.

### 5.2.2 La presencia de la fuerza en torno al cambio de movimiento: levantar y sostener.

Fuerza igual a masa por aceleración es una ecuación que para los estudiantes de bachillerato es sinónimo de las leyes de movimiento de Newton, dado que esta misma tiene un uso muy recurrente cuando se les solicita solucionar cantidad de ejercicios o problemas escritos. En este marco, la presentación de las situaciones de acción y reacción o consideraciones de la fuerza en situaciones de relativo reposo pasan constantemente al olvido dentro de las construcciones que elaboramos a la hora de su estudio y se olvidan rápidamente en tanto se mencionan de manera escasa como definición.

Con el fin de fortalecer la relación que el estudiante construye con estas situaciones donde la fuerza sólo es pensada si un cuerpo acelera, planteamos discusiones sobre la diferencia que presenta el acto de levantar o sostener un cuerpo, en función de las situaciones donde puede pensarse que se manifiesta la *fuerza*.

La vía para fomentar estas reflexiones fue una serie de preguntas que interactúan con la lista de objetos que ordenaron en una lista según la dificultad de cargarlos.

Se solicitó a los estudiantes ordenar en una tabla diferentes objetos (algodón, un teléfono celular, un pedazo de manera, una botella con agua, etc.) según la dificultad o esfuerzo que tenían que realizar para cargarlos, levantarlos, etc. En una segunda etapa se les solicito realizar lo mismo haciendo uso de un resorte para mantener suspendidos los objetos. En la etapa final, que



es la de socialización y planteamiento de preguntas, se les planteo que respondieran la pregunta *¿en qué momentos hacemos uso de la fuerza?* (taller levantar o sostener, ver anexo 8.4.2

pregunta g) los estudiantes se manifestaron diciendo:

“el mero hecho de existir implica hacer uso de la fuerza de algún tipo (Estudiante 5) \_ nuestro cuerpo funciona como un sistema de poleas propio (Estudiante 2)” (30:20) [Los estudiantes discuten sobre los momentos en que hacemos uso de la fuerza. Taller Levantar o Sostener] (anexo 8.4.3 audio 4 párrafo 8).

Cuando se les pregunta Los estudiantes tratan *¿Existe alguna relación entre fuerza y movimiento? ¿De qué manera nos vemos afectados por la fuerza y que tipo de fuerza efectuamos cuando nos movemos o caminamos, bajamos o subimos unas escaleras?*

Responden

“en todo momento están relacionados (Estudiante 3) \_ hacemos fuerza en cada instante de nuestras vidas, para respirar y tener energía (Estudiante 1) \_ usamos fuerza mecánica, ya que transformamos el movimiento en energía (Estudiante 4) \_ la mecánica es un tipo de energía (Estudiante 1)” (anexo 8.4.3 audio 4 párrafo 7).

En este punto, es evidente que los estudiantes consideran que los diferentes fenómenos físicos, y los temas que se tratan en el aula de física tienen una estrecha relación con la vida cotidiana. Si esta *fuerza* es constituyente para nuestro funcionamiento biológico, nuestras acciones, etc. Es porque la *fuerza* hace parte de nosotros y nuestro diario vivir, aun cuando creamos estar en reposo absoluto, así pues, estas formas de expresión están cargadas sobre reflexiones sobre la relatividad que pueden presentar un marco de referencia (algo puede parecer quieto, pero si lo vemos en otra escala puede ser que no), planteamientos sobre cuestiones metafísicas que pueden ser llevadas a cuestionamientos sobre sistemas que permitan estudiar los



cambios de fuerza en los cuerpos. Esto nos ayuda como docentes a encontrar un hilo conductor para el posterior análisis de sistemas energéticos (unidad temática que se aborda posterior a la dinámica en los estándares colombianos de pensamiento físico).

Estas reflexiones sobre la existencia de la fuerza en diferentes situaciones y cuerpos, permite la interpretación de fenómenos donde se considera un relativo reposo mecánico. Esto los lleva a pensar que en las situaciones donde el reposo es considerado, no conlleva la inexistencia de fuerzas a nivel conceptual, sino que presentan la consideración de una fuerza resultante. Esto constituye un enriquecimiento que permitió a los estudiantes acercarse a puntos que Newton explica en su obra *Principios matemáticos de la Filosofía Natural*, la cual usamos en nuestro Proceso de Recontextualización para el concepto de *fuerza*. De una manera experimental que de desplaza del desarrollo geométrico y lógico que se da en Newton (ver anexo 8.1, Ley 3, ley de *acción y reacción*).

Cuando se les pregunta *¿Como la Tierra nos puede sostener, cargar o levantar a todos y que cuerpos no puede sostener la Tierra?* Mencionan que: “La tierra no puede sostener algo más grande y pesado que ella (Estudiante 2) \_ ¿nosotros mantenemos al sol en órbita? no! es el sol a nosotros (Estudiante 1) \_ pero ella (se refiera a la tierra) nos puede sostener por el centro gravitatorio, sino nos saldríamos de la tierra (Estudiante 5) \_ es por la órbita (Estudiante 1) \_ atracción es sostener (Estudiante 4) [...]” (Anexo 8.4.3 audio 4 párrafo 5). Se percatan y piensan que para sostener un cuerpo como lo podría hacer la tierra u otra superficie como algodón o nosotros mismos, debemos imprimir una fuerza igual y contraria al objeto que es sostenido, para que este pueda quedarse quieto. En determinadas circunstancias las fuerzas no podrían ser compensadas por características o capacidades propias de los cuerpos, aún si la Tierra fuera quien intentara sostener algo más grande y pesado.



Además de todo lo anterior, Se discute con los estudiantes que se expresen sobre como consideran que ha sido orientada su formación en ciencia desde las ideas de esa institución educativa, como sienten que se ve más beneficiado su apropiación en los conceptos científicos y como disfrutaban más aprender las ciencias. En estas situaciones se evidencian cómo el estudiante presenta motivación sobre el estudio de del conocimiento científico con situaciones que le permitan participar y reflexionar, dándole oportunidades para la relacionar la ciencia con otros campos intelectuales y fortalecer los vínculos que la ciencia adopta con nuestra cultura, más allá de verla solo como un método de preparación.

“En este punto hay una dualidad, porque este colegio está ligado a obtener buenos resultados para las pruebas ICFES, nos van poniendo como foco principal el ICFES [...] por eso ponen cosas monótonas, [...] (Estudiante 4)” (Anexo 8.5 audio 7 párrafo 3)

“Yo siento que aprendo más después del ICFES, porque ya no hay una presión interna de estudiar, estudiar y estudiar solo para presentar un examen, sino que uno estudia porque le gusta. Después de esa prueba ya estudio por lo que siento no por lo que necesito (Estudiante 8)” (anexo 8.5 audio 6 párrafo 1)

“Si uno no está presionado por la nota uno se interesa más por aprender (Estudiante 6)” (ver anexo 8.5 audio 8 párrafo 3)

Expresan de manera explícita su incomodidad con tradicionalismos que intentamos regular o mitigar con nuestro proyecto de investigación, donde sólo se propone prepararlos para pruebas estandarizadas, esto provoca que no encuentren ningún sentido adicional al estudio de las ciencias.

Además, muestran preocupaciones y se concientizan sobre cómo son formados mostrando incluso interés en cuestiones metafísicas cuando mencionan que “Me gusta la física más





aplicada, los laboratorios, los experimentos, saber la causa y descubrir el por qué (Estudiante 8, anexo 8.5 Audio 6.). Reflexiones que fueron un punto fuerte en nuestro Proceso de Recontextualización sobre energía, mostrando que sirve como un motivador de interés y organizador sobre el significado que buscan en el estudio de la física. Lo anterior nos permite a nosotros como docentes ser flexibles con las técnicas que aplicamos en la enseñanza y tomar en posición de igualdad las opiniones críticas que tienen los estudiantes sobre sus propios procesos de formación.

### 5.2.3 Interacción con el fenómeno de refracción: El comportamiento de la luz en casos de refracción.

La luz como concepto físico, nos ha llamado especialmente la atención por presentar sin mucha dificultad gran variedad de interpretaciones según el individuo. El daltonismo, la miopía, la hipermetropía, el astigmatismo, etc. Son ejemplos de distorsiones que afectan el sentido de la vista y que constituyen diferentes procesos mediante los cuales diferentes sujetos interactúan con la luz sin el uso de instrumentos como anteojos. No obstante, no basta limitar estas interpretaciones sobre la luz con desviaciones biológicas en los ojos del ser humano pues dicha relación sobre las manifestaciones de la luz varía en igual medida sobre lo que el sujeto asume como *luz* y las formas en las que ellos consideran que se manifiesta.

La interacción con los fenómenos de refracción se dio en este caso con dos grupos de trabajo, cada uno con un experimento distinto; uno de ellos se centraba en realizar reflexiones sobre cómo la luz proveniente de un puntero láser rojo se distorsionaba cuando esta incidía en agua que se encontraba fluyendo. (ver anexo 8.3.1) El segundo grupo de trabajo tuvo como experimento la situación referenciada en nuestro Proceso de Recontextualización de saberes sobre la refracción presente en el marco teórico de este proyecto de investigación, donde se reflexiona sobre el



cambio aparente que sufre un lápiz al ser sumergido en un vaso de agua, pareciendo que este se quiebra

En ambos experimentos surgen discusiones iniciales sobre si en realidad la luz del láser (experimento 2) e imagen del lápiz (experimento 1) presenta algún tipo de distorsión al interactuar con un fluido (agua). Los miembros de estos grupos de trabajo rápidamente optaron por cambiar las perspectivas y posiciones desde la cual están observando el fenómeno, con el fin de llegar a un consenso sobre aquello que están visualizando. No obstante, no se ha terminado dicha discusión cuando ambos grupos de trabajo (experimento 1 y experimento 2) optan por cambiar el fluido mediante el cual está interactuando la luz. Experimento 1 de la luz con el láser pasan de agua hacia agua con colorante). En el experimento 2, la luz como imagen del lápiz se opta por pasar de agua hacia una mezcla de agua y aceite.

**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3



Figura 8. Experimento 1, pasar de agua a agua con colorante.



Figura 9. Experimento 2, optan por combinación de agua y aceite.

“Huy! que poder hermano (Estudiante 4 refiriéndose a la luz del láser que incide en el chorro de agua, pareciendo haber notado un cambio )\_ Yo lo veo igual en las dos capas (Estudiante 1 refiriéndose a la imagen de lápiz en la mezcla de aceite y agua )\_ Si lo mira desde arriba se ve más grande [...] el aceite recubrió al lapicero (Estudiante 4 dirigiéndose a los otros para que puedan percibir cambios que otros dicen no percibir en la imagen del lápiz)\_ Cuando analizamos de aire a aceite se ve totalmente quebrado el lapicero (Estudiante 1 refiriéndose a la imagen del lápiz pasando de aire-aceite)”[Estudiantes discutiendo sobre lo que observan en los montajes experimentales( anexo 8.3.3 audio 1 párrafo 1)



A pesar de haber tenido aproximaciones durante el año escolar sobre refracción y mediante simulaciones de computadora, los estudiantes muestran diferentes percepciones sobre lo que pasa en un fenómeno que ya había sido abordado. Si bien el uso de las nuevas tecnologías ha sido de gran uso en el desarrollo de los procesos de abstracción de fenómenos con el uso de laboratorios virtuales, se evidencia la relevancia del contacto con los sentidos de los estudiantes para la consolidación en la construcción de los conceptos relacionando teoría y experimento. Según los análisis geométricos de Huygens, los fenómenos de refracción son transposiciones fieles a la realidad que muestra la trayectoria de la luz hacia otro medio. No obstante, los estudiantes han demostrado requerir de procesos de divulgación y socialización donde sus compañeros en la problematicen y establezcan parámetros bajo los cuales se da aquella percepción del conocimiento científico que otros están experimentando y que tenían la pretensión de encontrar para construir una percepción comúnmente aceptable sobre la naturaleza de la luz.

Además, en esta primera etapa los estudiantes han demostrado adoptar como principio metafísico predominante que la luz manifiesta su comportamiento en función de los medios mediante los cuales se están realizando las observaciones. Vinculando la existencia de cambios en su comportamiento frente a las variaciones que puedan establecer con los fluidos que están utilizando y con los que interactúa, pues con el fin de llegar a conclusiones optan repetidamente por cuestionarse qué pasaría si cambiaran los medios utilizados.

“¿Cómo sería si lo hacemos con jabón líquido de cocina? (Estudiante 2) \_ O con el de manos (Estudiante 1)” [Estudiantes analizando la pregunta, ¿Consideran que con otros líquidos será importante realizar el experimento? ¿Cuáles?] (anexo 8.3.3 audio 1 parágrafo 2)





“échele un poquito de gaseosa, a ver qué sucede (Estudiante 4 hablando sobre cambios que quiere realizar en el experimento 1) \_ La Coca-Cola se pone debajo del agua (Estudiante 1 refiriéndose al estudiante 4) \_ solo se mezcla con el agua (Estudiante 4)”  
[Estudiantes especulando variaciones en el experimento 1 mientras el grupo de experimento dos los observa] (Anexo 8.3.3 audio 1 párrafo 3)

Lo anterior no quiere decir que no hayan sucedido momentos donde las reflexiones se centrarán en los cambios que podrían presentarse en los objetos diferentes a los medios para observar cambios en la refracción (Ver anexo 8.3.3 párrafo 6), sin embargo, optaron con el transcurso de los debates a atribuir las características o las alteraciones en la refracción o distorsión de la luz a categorías propias de los medios entre los cuales la luz transitaba o se veía involucrada, en tanto les parecía viable no centrar la atención en la imagen del objeto, sino en la forma en que otros factores intervienen en lo que ellos observaban (ya sea sumergiendo un cuerpo o las desviaciones que sufre la luz del láser); de todo esto pudieron establecer un vínculo significativo entre su percepción de la luz y la ley de Snell; además de fomentar la construcción de las ideas de refracción que conocimos a través de la exploración de Huygens nosotros como docentes, y que intentamos incluir en el discurso de los estudiantes para el desarrollo de competencias establecido por el MEN

Reiteramos que, en términos de logros y oportunidades, en estos momentos de socialización y descubrimiento grupal los estudiantes muestran sentirse cómodos y tener un acercamiento más productivo y agradable a la física, reflexionando ellos mismos sobre la eficacia en su proceso de formación, y se evidencia explícitamente en cuando mencionan:



“Cuando hay el apoyo de varios se complementan las ideas y hay una mejor comunicación, a diferencia de cuando uno está solo, si te equivocas vas a tener el error siempre, en grupo puede que otro lo vea y se corrija (Estudiante 1)” [los estudiantes reflexionan sobre las prácticas de laboratorio] (anexo 8.5 audio 8 párrafo 4)

“En particular a mí me parece que sí es muy productivo, porque no es lo mismo de siempre, la clase de teoría, el examen, los talleres y las evaluaciones, así uno muchas veces se aprende las cosas de memoria para responder los exámenes, uno es como “hay si yo me acuerdo que vi esto” pero en realidad uno no profundiza sobre las cosas, en cambio, cuando realizamos los laboratorios es como indagar más sobre el tema y se notan detalles mínimos que en realidad son más productivos (Estudiante 6)” [Estudiante hablando sobre la ciencia vista como una constructo social usada como presupuesto en el desarrollo de esta línea de investigación] (anexo 8.5 audio5 párrafo 1)

“Yo siempre he dicho que aprender de manera didáctica es más productivo que aprender de manera monótona porque así todo queda mucho más entendido, si usted aplica las cosas haciendo experimentos y todo tipo de cosas como este tipo de informes con la parte experimental incluida, uno entiende más fácil las cosas, a diferencia de uno estar ahí sentado escriba y escriba cosas, no tanto (Estudiante 7)”. (anexo 8.5 audio 5 párrafo 2)

“Si uno se equivoca, uno averigua por qué se equivocó (Estudiante 6)” [los estudiantes reflexionan sobre las prácticas de laboratorio] (anexo 8.5 audio 7 párrafo 3).

Aun cuando los equipos de trabajo se plantean en el análisis de diferentes experimentos, ambos grupos muestran interés en discutir e indagar sobre los métodos y cuestionamientos que realizan el otro grupo, y sobre cómo el aplicar las mismas variaciones que ellos planean



implementar, afectará los resultados de su propio experimento, con la posterior intención de ver si sus interpretaciones sobre lo mismo convergen en algún sentido.

La consideración sobre la realización de diagramas, representaciones geométricas y esquemas matemáticos para comprender el comportamiento de la luz y el establecimiento de relaciones entre la naturaleza de la luz y las variables que interfieren en los fenómenos de refracción, mostraron como ventaja adicional de este tipo de propuestas la oportunidad del docente para incluir y dar comienzo a la matematización de los fenómenos (aunque no se haya realizado en este proyecto) que predomina en los intereses colombianos de la enseñanza de las ciencias naturales en los grado 10 y 11. Y no solo eso, cuando muestran interés en analizar cambios en las fases o estados de un mismo medio, o distribuir los medios por categorías propias de su estructura atómica, interpretamos intentos del estudiante de visualizar y trabajar la física con conocimientos que vio en química en un intento de difuminar líneas que seccionan el conocimiento científico y dimensiones de los fenómenos; situación que puede ser aprovechada por el cuerpo docente para la gestión de proyectos unificados entre varias asignaturas aunque no se haya realizado entre las propuestas de este proyecto de investigación. (Ver anexo 8.3.3 audio 1 párrafo 4, 7 y 8)

## 6. Conclusiones

- La ciencia y su enseñanza puede entenderse desde la Recontextualización de Saberes como un proceso de construcción que interactúa con las variables económicas, políticas, culturales y demás del contexto; y que se va modificando con el tiempo para la edificación de una filosofía y teoría. En este sentido, la invitación es a asumir el desarrollo de la ciencia como un constructo social donde los diferentes factores de contexto tienen repercusiones significativas sobre el aprendizaje y enseñanza, en este caso de la Física.
- El diálogo que permite los Procesos de Recontextualización de Saberes en Física, en la línea de los análisis histórico-críticos, despierta en el maestro una actitud de indagación constante sobre los procesos del conocimiento en Física. La reflexión sobre esta relación tendrá un impacto positivo en la metodología y sentido que adopta su práctica educativa; acorde con el aprendizaje crítico de las ciencias.
- La interacción de un Recontextualizador de Saberes (docente) no es pensada en la pretensión de memorizar la máxima cantidad de teorías, filosofías o planteamientos posibles mediante la lectura de bibliografía de primera fuente. Por el contrario, la exploración de este tipo de bibliografías pretende despertar y enriquecer en el docente una conciencia sobre el desarrollo histórico de la ciencia y crear una concepción de mundo acorde a sus necesidades en el aula.
- El uso de la historia en la elaboración de procesos de recontextualización de saberes brinda al docente un rescate de argumentos y múltiples alternativas sobre la relevancia y razón del ¿Por qué? y ¿Cómo? acercarse a un concepto científico. Esto favorece notablemente la creación de objetivos de enseñanza que trasciendan un uso utilitario en términos de las pruebas estandarizadas.





- La elaboración de montajes experimentales donde se permiten momentos de exploración y socialización de resultados constituyen una buena alternativa para fomentar el pensamiento crítico en las clases de ciencia. Este acercamiento que resulta como fruto de la construcción de procesos de recontextualización de saberes permite una afinidad con lo sensorial y la construcción de conceptos que favorece la reflexión sobre los contenidos a enseñar y los contenidos a aprender.
- La elaboración de un proceso de Recontextualización de Saberes en Física permite tomar conciencia sobre la forma de pensar que se tiene sobre determinados conceptos, situaciones, montajes experimentales o propuestas históricas mediante el planteamiento de preguntas por parte del Recontextualizador (en este caso el docente). Tomar conciencia sobre estos estilos de pensamiento propios de determinadas épocas históricas fomenta la discusión sobre diversos puntos de las teorías antiguas que hoy en día han sido abandonados- o que han trascendido el tiempo- y sobre porque han sido desplazados o conservados por nuevos estilos de pensamiento. Estos puntos enriquecen la construcción de un concepto y normalmente pasan desapercibidos en la educación en Física tradicional del contexto colombiano, como lo era en la población estudiantil de undécimo grado de la Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación.
- Los estudiantes se encuentran más motivados por una enseñanza de las ciencias donde sean libres de realizar suposiciones, socializar sus inquietudes e hipótesis y ser partícipes de manera activa en la construcción de conceptos científicos. En los estudiantes de la Institución Educativa Fe y Alegría Nueva Generación las consideraciones y reflexiones filosóficas en el proceder científico, resultaron una buena herramienta para aproximarse a conceptos científicos mediante reflexiones sobre lo observado en montajes experimentales.

### **Pregunta para el lector**

Hasta el momento hemos visto cómo el uso historia y la epistemología ha contribuido en los procesos de Recontextualización para ampliar nuestros saberes y fundamentar nuestra mirada de las ciencias como una actividad que hace parte de nuestra cultura. También se trabajó cómo la caracterización de los procesos y la apuesta por la construcción social del conocimiento fomentan el interés de los estudiantes por aprender, se destaca la importancia de la experimentación en física y la articulación que tiene con las matemáticas.

Como vimos en el problema de investigación que se plantea en el trabajo se tiene como eje principal la manifestación de desinterés por parte de los estudiantes en el momento de asistir a la clase de física, debido a que el diseño y desarrollo de las actividades en el aula eran encaminadas para mantener un buen resultado en las diferentes pruebas de estado, y la permanencia del nivel de calidad de la institución por los resultados arrojados por las mismas. Queda como propuesta para quienes deseen seguir con la línea de este trabajo analizar ¿Cómo el desarrollo de la física en el aula de clase, viendo la ciencia como una dimensión de la cultura y desarrollada con base en la construcción social de conocimiento contribuye de manera positiva para el desarrollo de las pruebas de estado? ¿Cómo esta nueva mirada de las ciencias desarrolla en los estudiantes un buen aprendizaje y de calidad, y sus contribuciones en el contexto social?



## 7. Referencias Bibliográficas

Aristóteles (s.f) física. (trad., introducción y notas de Guillermo R. de Echandía) Editorial Gredos, S.A, España. 2007, RBA coleccionables, S.A, para esta edición. 1982 Pág. 97 -128

Ayala, M. M. (1992). La enseñanza de la física para la formación de profesores de física. Trabajo presentado en la V Reunión Latinoamericana sobre Enseñanza de la Física, Porto Alegre(Gramado). Agosto 24 a 28 de 1992. Recuperado el 28 de octubre del 2017 en:  
<http://revistas.pedagogica.edu.co/index.php/TED/article/download/5663/4674>

Ayala, M. M. (2006). Los análisis históricos críticos y la reconstrucción de saberes científicos. Construyendo un nuevo espacio de posibilidades. Pro-Posições, Vol. 17, No. 1 (49) jan. /abr. 2006, 19-37.

Campbell, Norman (1921/1985). Medición. [Tomado de What Is Science, 1921]. En: Newman, James R. (1985). Sigma, el mundo de las matemáticas, Tomo 5, Ed. Grijalbo, Barcelona, 1986. Pp.186- 201.

Carr, Edward. (1983) ¿Qué es la historia? 10º edición, Ed. Ariel S.A., Barcelona, 1983. Capítulo 1. El Historiador y los hechos, pp. 9-40.

Clifford, W. (1873/1985). Postulados de la ciencia del espacio. En: Newman, James R. (1985). Sigma, el mundo de las matemáticas. Tomo. 4: Ed. Grijalbo, Barcelona, 1985, pp. 144-160.

Duhem, Pierre (1914, 2003). La teoría física, su objeto y su estructura. Ed. Herder, Barcelona. Pp. 291-342, 353-356.

Einstein, A. (1965). Física y realidad. En “Albert Einstein, sobre la teoría de la relatividad y otras aportaciones científicas”, Ed. Sarpe, Madrid, pág. 99-133. 1984.



Elkana, Yehuda. (1983). La ciencia como sistema cultural. Una aproximación antropológica.

En Boletín de Epistemología, Bogotá. Vol. III. No. 1, 1983.

Fleck, L. (1986). Génesis y desarrollo de un hecho científico. Alianza Editorial 1986.

Introducción y Capítulo 2, 43-44 y 67-98.

Gallego, D. E. (s.f.). Yehuda elkana y la ciencia como sistema cultural. Ciencia en la escuela.

Geertz, C. (1992). La interpretación de las culturas. Barcelona: Editorial Gedisa.

Ghiso, A. (1996). Diseño Cualitativo. En G. y. Rodríguez G., Metodología de la investigación (págs. 39-59). Málaga, España: Ediciones Aljibe.

Hans, Hahn (1879-1934). Crisis de la intuición. En: Newman, James R. (1985). "Sigma, el mundo de las matemáticas", Tomo 5, Ed. Grijalbo, Barcelona. Pp. 342-362

Heisenberg, Werner. La imagen de la naturaleza en la física actual. Capítulo 1, pp. 3-23. 1956.

Huygens, C. (1690/1944). De la refracción. En C. Huygens, A. Fresnel, & P. Cortés (Ed.), La teoría ondulatoria de la luz. Buenos Aires, Argentina: Editorial Losada S.A. 63-77.

Jeans, James (1937). Matemáticas de la música. En: Newman, James R. (1985). "Sigma, el mundo de las matemáticas". Tomo. 6, Ed. Grijalbo, Barcelona, 1985. Pp. 214-244.

Lévy-Leblond, J. M. (1988) Física y matemáticas. En "Pensar la matemática". Tusquets Editores, Barcelona, 75-92.

Mach, E. (1948). El concepto. Espasa- Calpe, Buenos Aires, 1948. En "Conocimiento y error". Pp. 110-125. Digitalización realizada por ángel romero con páginas de 1-10.

Ministerio de Educación Nacional (2006) Estándares Básicos de Competencias en Lenguaje, Matemáticas, Ciencias y Ciudadanas: Guía sobre lo que los estudiantes deben saber y saber hacer





con lo que aprenden. 1ra edición (140-141). recuperado el 11 de abril del 2018 de:

[https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineducacion.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf)

Newton, I. (1687) Principios matemáticos de la filosofía natural. Ed 3. Tecnos, España, 2011.

Piñuel, J. L. (2002). Epistemología, metodología y técnicas del análisis de contenido. Estudios de Sociolingüística, 1-42.

Poincaré, Henri (1854-1912). El azar. En: Newman, James R. (1985). “Sigma, el mundo de las matemáticas”, Tomo 3, Ed. Grijalbo, Barcelona. Pp.68-82.

Pujalte, A. P., Bonan, L., Porro, S., & Adúriz-Bravo, A. (2014). Las imágenes inadecuadas de ciencia y de científico como foco de la naturaleza de la ciencia: estado del arte y cuestiones pendientes. *Ciência & Educação* (Bauru), 535-548.

Roldan, J., Ben-Dov, Y., & Guerrero, G. (2014). La complementariedad: una filosofía para el siglo XXI. Cali: Programa Editorial Universidad del Valle.

Schrödinger, E. (1990) El misterio de las cualidades sensoriales. En “Mente y materia”, Ed. Tusquets, Barcelona, 43-49.

Serway, R.A. & Jewett, J.W. (2009). Luz y óptica. Física para la ciencia e ingeniería con física moderna. Séptima edición, vol.2, 978-1077.

Solís, Carlos. (1994). El giro sociologista. En: Solis, C. Razones e intereses. La historia de la ciencia después de Kuhn. Barcelona, Ediciones Paidós. Cap. 3, pp. 65-93.

Thom, R. (1988). Matemáticas y teorización científica. En “Pensar la matemática”, Ed. Tusquets, Barcelona, 139-163.

Weyl, Hermann (1940, Bicentennial Conference de la Universidad de Pennsylvania). El modo matemático de pensar. En: Newman, James R. (1985). “Sigma, el mundo de las matemáticas”, Tomo 5, Ed. Grijalbo, Barcelona. Pp. 220-237.



## 7.1 Imágenes-Cibergrafía

Figura 1. frente de onda, recuperada de <https://www.fisicalab.com/apartado/frente-de-onda#contenidos> (18 Nov. 2016)

Figura 2. refracción en cambio de dirección que experimenta una onda al pasar de un medio material a otro. recuperada de <http://www.fisic.ch/contenidos/la-luz/refracci%C3%B3n-de-la-luz-y-ley-de-snell/> (23 Oct. 2016)

Figura 3. Representación de una unidad portadora de luz próxima a colisionar. Extraído de Huygens, C. (1690/1944). De la refracción. En C. Huygens, A. Fresnel, & P. Cortés (Ed.), La teoría ondulatoria de la luz. Buenos Aires, Argentina: Editorial Losada S.A. p.50

Figura 4. Unidades de los transmitiendo movimiento de manera perfectamente elástico. Extraído de Huygens, C. (1690/1944). De la refracción. En C. Huygens, A. Fresnel, & P. Cortés (Ed.), La teoría ondulatoria de la luz. Buenos Aires, Argentina: Editorial Losada S.A. p.52

Figura 5 Propagación de a luz en frente de esferico Extraído de Huygens, C. (1690/1944). De la refracción. En C. Huygens, A. Fresnel, & P. Cortés (Ed.), La teoría ondulatoria de la luz. Buenos Aires, Argentina: Editorial Losada S.A. p.56

Figura 6. Apartado explicación refracción de huygens. Extraído de Huygens, C. (1690/1944). De la refracción. En C. Huygens, A. Fresnel, & P. Cortés (Ed.), La teoría ondulatoria de la luz. Buenos Aires, Argentina: Editorial Losada S.A. p..68

Figura 7. Estándares en el desarrollo de competencias para el MEN en los procesos físicos de décimo y undécimo grado. [https://www.mineducación.gov.co/1621/articles-340021\\_recurso\\_1.pdf](https://www.mineducación.gov.co/1621/articles-340021_recurso_1.pdf) (26 abril 2018)

Figura 8. Experimento 1, pasar de agua a agua con colorante. En Anexo 8.3 [https://drive.google.com/drive/folders/1wn0wB9rZt\\_d111PLkJI9o4H8N0uZzsKH?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1wn0wB9rZt_d111PLkJI9o4H8N0uZzsKH?usp=sharing)



[https://drive.google.com/drive/folders/1wn0wB9rZt\\_d111PLkJI9o4H8N0uZzsKH?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1wn0wB9rZt_d111PLkJI9o4H8N0uZzsKH?usp=sharing)

## 7.2 Tablas

Tabla 4.1: Descripción general de las actividades que componen la propuesta de intervención.





## 8. Anexos

Los Anexos de este documento se encuentran disponibles en:

[https://drive.google.com/drive/folders/1wn0wB9rZt\\_d111PLkJI9o4H8N0uZzsKH?usp=sharing](https://drive.google.com/drive/folders/1wn0wB9rZt_d111PLkJI9o4H8N0uZzsKH?usp=sharing)



**UNIVERSIDAD  
DE ANTIOQUIA**

1 8 0 3